



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE  
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## VÝROBA TĚSNICÍ LIŠTY K PROVZDUŠŇOVACÍMU SYSTÉMU

PRODUCTION OF SEALING STRIPS FOR AERATING SYSTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

ZUZANA BRDEČKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. KAMIL PODANÝ, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Zuzana Brdečková

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Výroba těsnící lišty k provzdušňovacímu systému**

v anglickém jazyce:

### **Production of sealing strips for aerating system**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh optimálního tvaru a technologie výroby těsnící lišty k provzdušňovacímu systému, který se používá v čistírnách odpadních vod. Součástka bude obecného tvaru, ohýbaná a s otvory. Bude vyráběna technologiemi ohýbání a stříhání. Na tuto problematiku bude také zaměřena literární studie.

Cíle bakalářské práce:

Práce bude obsahovat rozbor současného stavu, návrh nového tvaru lišty a variantní řešení možností výroby se zhodnocením jejich vhodnosti a nevhodnosti. Pro zvolenou technologii bude provedena aktuální literární studie, následovat bude návrh výroby doložený nezbytnými technologickými a kontrolními výpočty. Součástí řešení bude i návrh sestavy nástroje, technicko-ekonomické hodnocení a závěr.

Seznam odborné literatury:

1. HELLWIG, W. und E. SEMLINGER. Spanlose Fertigung: Stanzen. 5th ed. Braunschweig Wiesbaden: Friedr Vieweg Verlagsgesellschaft mbH, 1994. 289 p. ISBN 3-528-44042-2.
2. FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. 1. vyd. Nakladatelství VUT v Brně. Brno: Rekrorát Vysokého učení technického v Brně, 1991. 187 s. ISBN 80-214-0294-6.
3. NOVOTNÝ, J. a Z. LANGER. Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů. 1. vyd. Praha: SNTL, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s. L 13–B3-IV- 41/22674.
4. NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
5. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
6. ROMANOVSKIJ, Viktor Petrovič. Příručka pro lisování za studena. 2. vyd. Praha: SNTL, 1959. 540 s. DT 621.986.
7. FREMUNT, P., J. KREJČÍK a T. PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli (odborná kniha). 1. vyd. Brno: Dům techniky. 1994. 230 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 15.11.2011

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

**Zuzana Brdečková:** Výroba těsnící lišty k provzdušňovacímu systému

---

Cílem práce je výroba těsnící lišty k provzdušňovacímu systému. Lišta bude vyráběna technologií stříhání a ohýbání z korozi-vzdorné oceli 17 240 o tloušťce 1 mm. Velikost série je 22 000 kusů za rok. Na základě získaných informací o současném stavu těsnící lišty byl navrhnut nový, efektivnější a pro výrobu produktivnější tvar. Následně byla provedena literární studie. Na základě výpočtů byl pro výrobu zvolen hydraulický lis CUPS 25 D. Těsnící lišta bude vyráběna na nově navrhnutém střížném a ohybovém nástroji. V práci je provedeno technicko-ekonomické hodnocení, které porovnává současnou technologii výroby s nově navrženou technologií. Součástí bakalářské práce je výkresová dokumentace těsnící lišty, střížného a ohybového nástroje.

Klíčová slova: stříhání, střížník, střížnice, ohýbání, lisování tvaru

## **ABSTRACT**

**Zuzana Brdečková:** Production of sealing strips for aerating system

---

The aim of this work is the production of sealing strips for aerating system. The strip is made by technology of production - cutting and bending of stainless steel 17 240 with a thickness of 1 mm. Lot size is 22,000 units per year. Based on the information on the state seal was designed a new, more efficient and more productive shape for the production. Then, it was done the literary study. On the basis of calculations was chosen the hydraulic press CUPS 25 D for the production. The sealing strip will be manufactured on the newly designed cutting and bending tools. The work is carried out with a techno-economic evaluation that compares the current production technology with the newly proposed technology. The work contains drawings of sealing strip, shear and bending tools.

Keywords: cutting, piercing punch, piercing die, bending, forming presswork

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

BRDECKOVA, Zuzana. *Výroba těsnicí lišty pro provzdušňovací systém*. Brno, 2012. 51 s., CD. Vysoké učení technické v Brně, fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací s techniky společnosti Aseko, s.r.o. a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Chromči dne 25.05.2012

.....  
Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji panu Ing. Kamilu Podanému, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

Dále děkuji společnosti ASEKO, s.r.o. za poskytnutí informací, ochotu a pomoc při zpracování bakalářské práce.

# **OBSAH**

ZADÁNÍ

ABSTRAKT

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

PODĚKOVÁNÍ

OBSAH

ÚVOD

<b>1</b>	<b>ROZBOR SOUČÁSTI .....</b>	<b>10</b>
1.1	Návrh nového tvaru .....	11
1.2	Varianty řešení možností výroby těsnicí lišty .....	12
<b>2</b>	<b>PROCES STŘÍHÁNÍ.....</b>	<b>13</b>
2.1	Střížná vůle .....	14
2.2	Střížná síla a práce .....	15
2.3	Nástřihový plán.....	16
2.4	Dělení materiálu na nůžkách .....	18
2.5	Stříhadla.....	19
2.6	Střížnice a střížníky .....	21
<b>3</b>	<b>PROCES OHÝBÁNÍ.....</b>	<b>22</b>
3.1	Odpružení při ohybu V a U .....	23
3.2	Minimální a maximální poloměr ohybu .....	24
3.3	Výpočet ohýbací síly pro ohyb V a U .....	25
3.4	Ohýbadla.....	26
<b>4</b>	<b>TVÁŘECÍ STROJE .....</b>	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>NÁVRH VÝROBY TĚSNICÍ LIŠTY .....</b>	<b>29</b>
5.1	Délka rozvinuté součásti.....	29
5.2	Nástřihový plán.....	30
5.3	Vlastnosti materiálu těsnicí lišty.....	35
<b>6</b>	<b>VÝPOČTY .....</b>	<b>37</b>
6.1	Výpočty funkční části nástroje .....	37
6.2	Určení těžiště střížných sil.....	39
6.3	Popis návrhu střížného nástroje .....	41
6.4	Výpočty ohýbací části nástroje.....	44
6.5	Popis návrhu ohýbacího nástroje .....	45
6.6	Volba stroje.....	46
<b>7</b>	<b>TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....</b>	<b>47</b>
7.1	Náklady na materiál.....	47
7.2	Celkové náklady .....	49
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>51</b>

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SEZNAM PŘÍLOH

VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

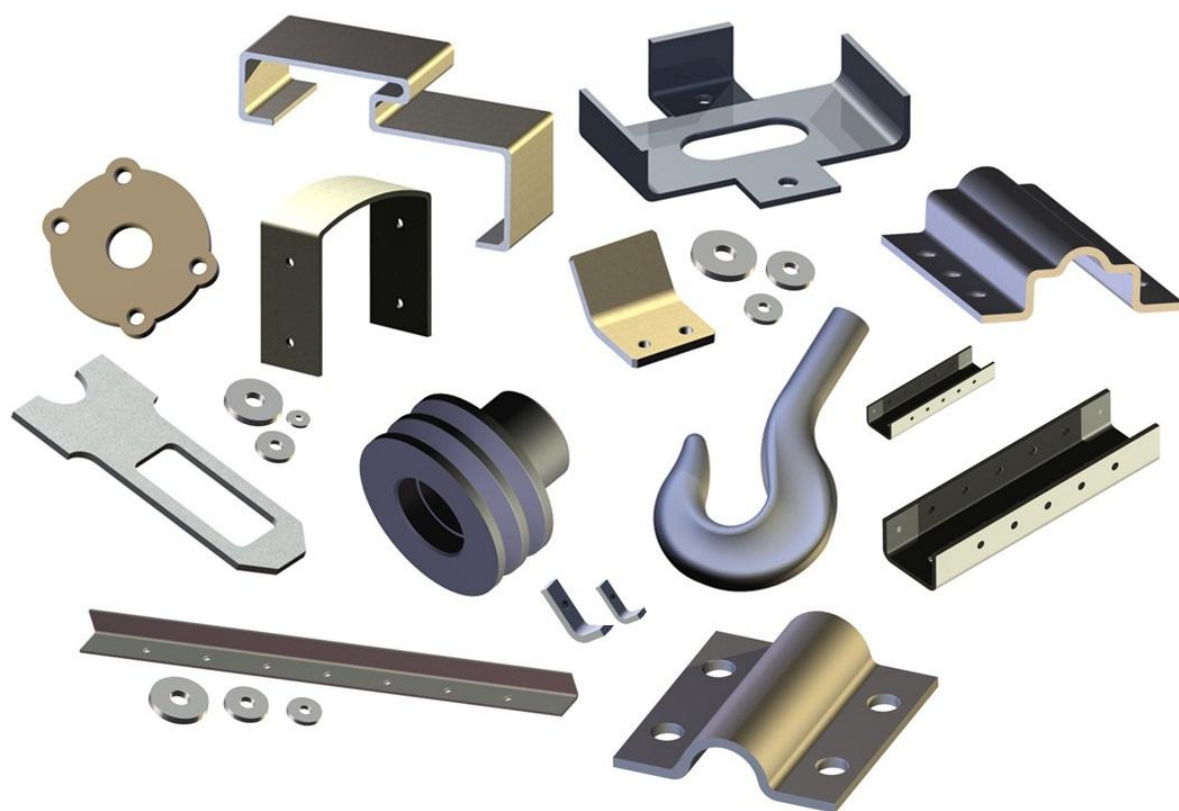


## ÚVOD

Strojírenství díky novým a stále modernějším technologiím umožňuje vyrábět součásti s požadovanou kvalitou, cenou a v čase na přání zákazníka zvolenou technologií. Mezi nejrozšířenější technologie společně s obráběním, slévárenstvím, svařováním patří technologie tváření.

Tato technologie zaručuje pevné a zároveň lehké výrobky, které by jinou technologií např. třískovým obráběním bylo ekonomicky nevýhodné, dokonce velmi komplikovaně vyrobitelné. Tváření umožňuje vyrábět složité tvary s dobrou tvarovou a rozměrovou přesností a při velkých sériích snižuje výrobní náklady. Nezbytnou součástí tváření je tvářitelnost materiálu. Tedy schopnost materiálu za daných podmínek měnit svůj tvar, ale následně neporušit jeho strukturu.

Tváření je rozděleno na plošné a objemové. Do plošného tváření patří ohýbání, tažení, zakružování. Do objemového tváření je zařazeno válcování, kování a protlačování. Tvářet lze za studena i za tepla. Dané operace se provádí na tvářecích strojích. Z nejpoužívanějších strojů lze uvést válcovací stolice, lisy ohýbačky. Mezi důležité faktory pro volbu stroje jsou jeho technické parametry a technologie, kterou se bude daná série výrobků vyrábět.



Obr. 1 Součásti plošného a objemového tváření

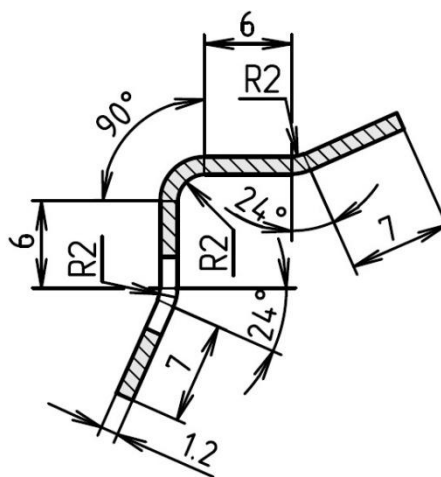
# 1 ROZBOR SOUČÁSTI

Těsnicí lišta společně se samořeznými šrouby a stahovacími objímkami tvoří komplet pro držení pryžové membrány provzdušňovacího systému na nosné trubce z PVC. Provzdušňovací systém se využívá v nádržích čistíren odpadních vod, kde slouží k zajištění dodávky vzduchu do odpadní vody ve formě jemných bublinek. Z bublinek dochází k přestupu kyslíku ze vzduchu do odpadní vody, čímž je v odpadní vodě umožněn život bakteriím, které zajišťují přeměnu znečištění obsaženého v odpadní vodě na tzv. kal. Ten lze od vody oddělit a vyčištěnou vodu vrátit do přírody.

Provzdušňovací systémy (obr. 1.1) se skládají z nosných trubek umístěných na dně nádrže. Na těchto nosných trubkách jsou pomocí těsnících lišt a dalších upínacích prvků upevněny a utěsněny pryžové membrány s jemnou perforací. Za provozu provzdušňovacího systému je do nosných trubek přiváděn stlačený vzduch zpravidla s dmychadlových agregátů. Stlačený vzduch přes otvory prochází z nosných trubek pod pryžové membrány a přes perforaci v membránách prochází jako bublinky do odpadních vod. Z tohoto důvodu musí být obvod pryžové membrány na nosné trubce držen a utěsněn tak, aby stlačený vzduch procházel pouze perforací membrán, nikoli po jejím obvodu v místech upnutí. Důležitou úlohu zde plní lišta, kterou spolu se samořeznými šrouby, stahovacími objímkami upíná a těsní pryžovou membránu na jejich dvou delších stranách.



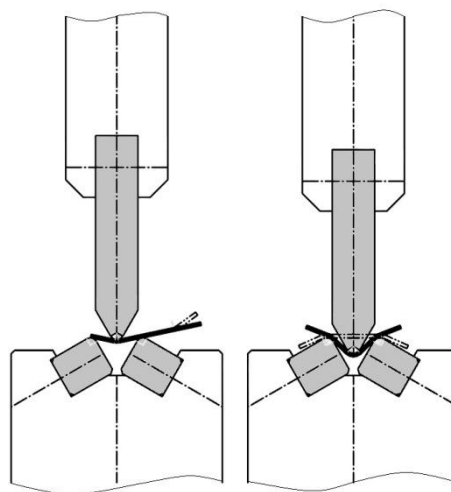
Obr. 1.1 Provzdušňovací systém



Obr. 1.2 Řez těsnicí lištou

V současné době je polotovarem pro výrobu těsnicí lišty normalizovaná tabule plechu z korozivzdorné oceli 17 240 tloušťky 1,2 mm, která je na hydraulických tabulových nůžkách, nastříhána na pásy o rozměrech potřebných pro výrobu lišty. Řez těsnicí lištou je patrný z obrázku 1.2. Úhel  $24^\circ$  a rádius  $R2$  v oblasti otvorů o průměru 5,3 mm a délka k němu přilehlých ramen, je dána návaznými rozměry příslušné plochy pryžové membrány. Tato geometrie je v praxi ověřena, dlouhodobě v provozu odzkoušena a nelze ji změnit. Ohyb, poloměru  $R2$  v úhlu  $90^\circ$  a navazující rameno 6 mm mají za cíl zvýšit tuhost lišty v kolmém směru. Další ohyb poloměru  $R2$  v úhlu  $24^\circ$  v oblasti bez otvorů a rameno 7 mm slouží jednak k vyztužení volného okraje lišty a dále k usměrnění vertikálního proudění odpadní vody v nádrži za provozu provzdušňovacího systému tak, aby vertikální proud vody byl odkláněn od pryžové membrány a nezpůsobil shlukování bublinek vzduchu, které z membrány vystupují. Jak je patrné z výkresu, je tvar ohybů a ramen souměrný podle poloviny úhlu  $90^\circ$ , poloměru  $R2$  ve středu těsnicí lišty.

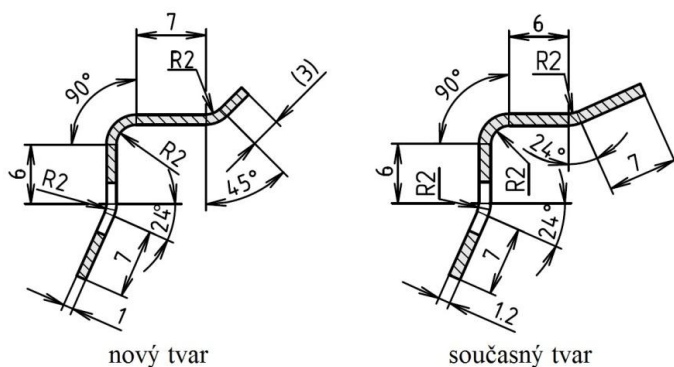
Ohýbání lišty je prováděno na ohraňovacím nástroji (obr. 1.3) instalovaném na hydraulickém lise CUPS 25 D. Tento nástroj slouží mimo ohýbání těsnících lišt, pro výrobu několika dalších součástí a jeho geometrie je proto do jisté míry univerzální. Původní tvar ohybů a zejména délky ramen těsnící lišty jsou tak přizpůsobeny možnostem tohoto ohraňovacího nástroje. Symetričnost tvaru byla zvolena proto, aby oba ohyby poloměru  $R2$  v úhlu  $24^\circ$  se stejným navazujícím ramenem délky 7 mm, které se provádí jako první, bylo možné provést při stejném nastavení dorazu ohraňovacího nástroje a při stejném nastavení zdvihu beranu hydraulického lisu. Ještě před ohýbáním tvaru lišty je na hydraulickém lise do přístříhu provedeno prostřížení pěti otvorů průměr 5,3 mm střížníky na C-stojáncích a postupné ostřížení tvaru obou konců přístříhu na nástroji s tvarovým střížníkem a střížnicí s polohováním vždy za krajní otvor, čímž je dosaženo konečné délky lišty.



Obr. 1.3 Ohraňovací nástroj

### 1.1 Návrh nového tvaru

Ohýbání na ohraňovacím lise je vzhledem k nutnosti provést tři ohyby časově nejdelší operací při výrobě lišty. Čas této operace je tedy nutný co nejvíce zkrátit pro budoucí výrobu. Pokud budou všechny tři ohyby na liště provedeny na jednoúčelovém nástroji současně na jeden zdvih lisu, lze předpokládat snížení potřebného času pro ohýbání tvaru lišty přibližně o dvě třetiny oproti času, kdy je každý ze tří ohybů prováděn samostatně. Další čas pak bude uspořen při seřizování lisu, protože nebude potřeba jeho seřizování při přechodu od jednoho druhu úhlu ohybu na jiný. Při konstrukci nového jednoúčelového nástroje již nebude nutné přizpůsobovat tvar lišty geometrii ohraňovacího nástroje a bude tak možné se co nejvíce přiblížit optimálnímu tvaru lišty pro odklánění vertikálního proudění vody od pryžové membrány. Prostřížení pěti otvorů a současně ostřížení tvaru u obou konců lišty bude provedeno na novém jednoúčelovém stříhacím nástroji. Geometrie těsnící lišty v její těsnící části včetně otvorů o průměru 5,3 mm a tvaru obou konců lišty, musí být zachována. Zvětšením úhlu ohybu poloměru  $R2$  na okraji lišty v oblasti bez otvorů na  $45^\circ$ , pak bude dosaženo lepšího vyztužení volného okraje lišty. Vnitřní rameno navazující na tento ohyb bude prodlouženo na 7 mm, okrajové rameno navazující na tento ohyb, bude zkráceno na 3 mm, což bude výhodné jednak při usměrňování vertikálního proudění vody, tak při



Obr. 1.4 Nový tvar a současný tvar lišty

minimalizaci usazování kalových částic na těsnící liště z horní strany. Nově navržený tvar lišty (obr. 1.4) bude mít rozvinutou délku neutrální osy menší než doposud, tím dojde k uspořené materiálu. Spolu s novým tvarem těsnící lišty dojde i ke změně výšky těsnících břitů na okrajích pryžové membrány, což umožní snížit přtlak vyvozený lištou na membránu. Nový tvar lišty proto výrobce požaduje provést z materiálu tloušťky 1 mm.

## 1.2 Varianty řešení možností výroby těsnící lišty

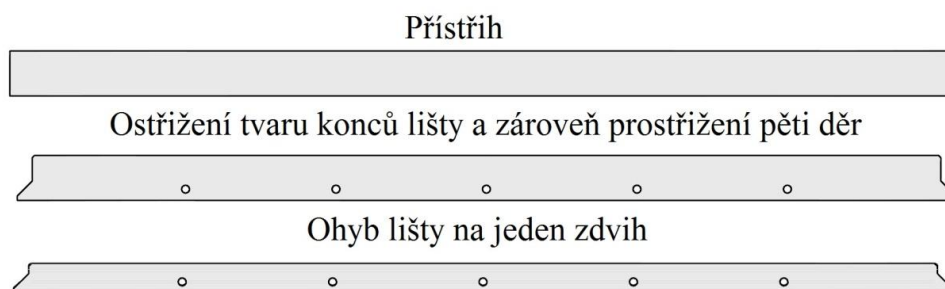
**varianta A** - Výchozím polotovarem je ocelový pás, vyrovnaný na rovnacím stroji. V průběhu jednoho zdvihu hydraulického lisu je sdruženým nástrojem postupně provedeno ostřížení tvaru na obou koncích pásu, kompletní vytvarování profilu lišty v celé její délce a následné prostřížení otvorů. Odjehlení všech hran lišty je provedeno na rotačním copánkovém kartáči ze stejného materiálu jako je materiál lišty.

**varianta B** - Výchozím polotovarem je tabule plechu, která je nastříhána na pásy požadovaných rozměrů na hydraulických nůžkách. Odjehlení obou delších hran přístřihu je provedeno ručně za použití ostříčů na nože. Na střížném nástroji na hydraulickém lise je provedeno prostřížení otvorů za současného ostřížení tvaru na obou koncích pásu. Následné odjehlení hran na koncích pásu je provedeno na rotačním copánkovém kartáči ze stejného materiálu jako je materiál lišty. Na jednoúčelovém ohýbacím nástroji je pak provedeno současné ohnutí všech ohybů lišty v podélném směru. Zpětné vyrovnaní obou ohybů u konců lišty je nástrojem, na ručním pákovém lisu. Varianta B je znázorněna na obrázku 1.5.

**varianta C** - Výchozím polotovarem je normalizovaná tabule plechu, rozstříhaná na hydraulických tabulových nůžkách podle stříhacího plánu na pásy. Odjehlení obou delších hran přístřihu je provedeno ručně za použití ostříčů na nože. Samostatně je provedeno prostřížení pěti otvorů střížníky a střížnicemi na C-stojáncích na hydraulickém lise. Následuje ostřížení tvaru obou konců přístřihu na nástroji s tvarovým střížníkem a střížnicí s polohováním vždy za krajní otvor, čímž je dosaženo konečné délky lišty. Odjehlení hran na koncích pásu je provedeno na rotačním copánkovém kartáči ze stejného materiálu jako je materiál lišty. Na jednoúčelovém ohýbacím nástroji je dosaženo současné ohnutí všech ohybů lišty v podélném směru. Zpětné vyrovnaní obou ohybů u konců lišty je nástrojem, na ručním pákovém lisu.

**varianta D** - Moderní technologie pro zpracování plechových dílů poskytují mnoho dalších možností výroby těsnící lišty. Pro možnosti výroby zejména polotovaru před prostorovým vytvarováním lze uvést přesné vystřihování, vysekávání na CNC vysekávacích strojích, řezání laserem či vodním paprskem.

Pro výrobu těsnících lišt v sérii 22000 ks ročně se jeví nejvýhodnější varianta B (obr. 1.5). Hlavní investicí pro výrobu nového tvaru lišty, bude pořízení nového jednoúčelového střížného nástroje, který na jeden zdvih provede ostřížení tvaru konců lišty a zároveň prostřížení pěti otvorů. Další investicí bude pořízení nového jednoúčelového nástroje pro ohýbání tvaru lišty v podélném směru. Výroba z normalizovaných tabulí plechu nevyžaduje pořízení rovnacího stroje a umožňuje výrobu přístřihu na tabulových nůžkách, které má výrobce k dispozici. Zpětné vyrovnaní obou ohybů u konců lišty bude možné provádět na stávajícím ručním pákovém lise, kterým je výrobce rovněž vybaven. Na zvolenou výrobu bude provedena literární studie.



Obr. 1.5 Varianta B

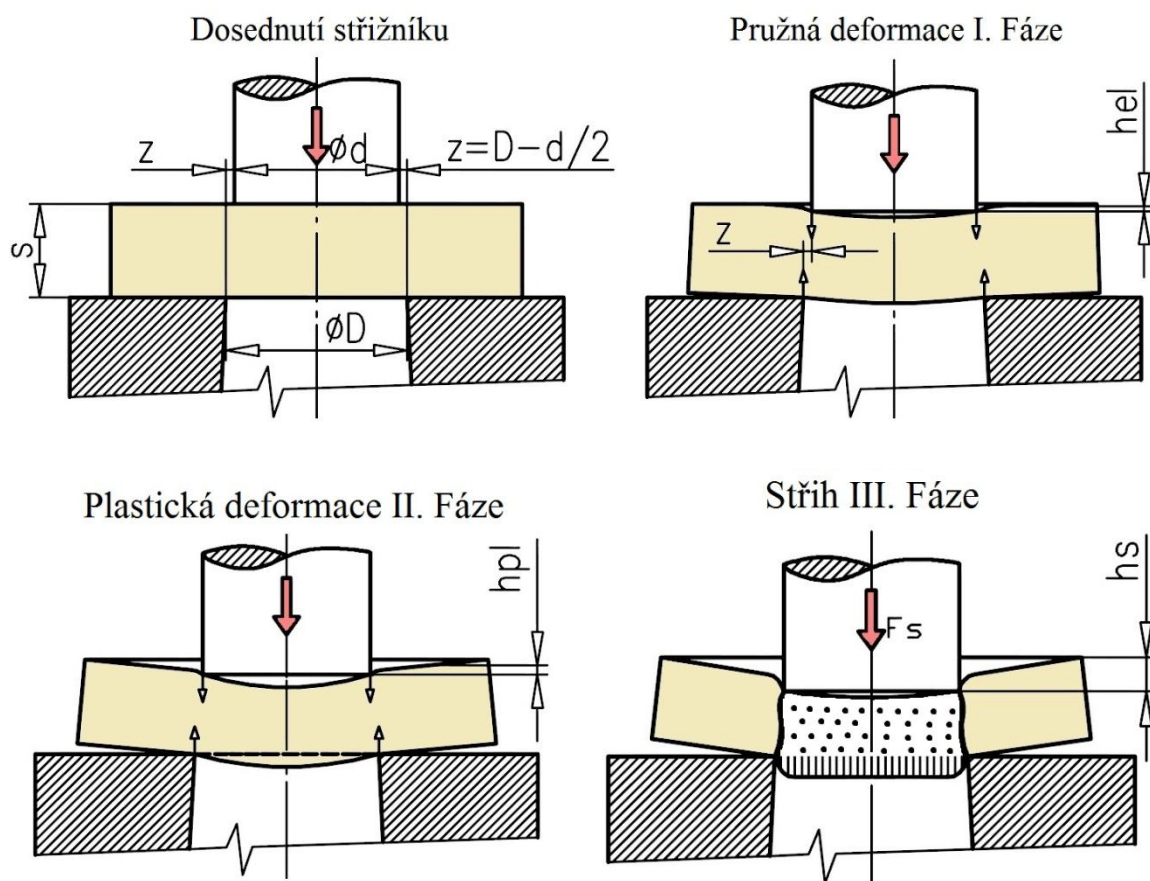


## 2 PROCES STŘÍHÁNÍ [6],[7],[13]

Stříhání je technologický proces, při kterém dochází k dělení materiálu protilehlými břity nástroje. Mezi nejdůležitější faktory, které ovlivňují přesnost a kvalitu střížné plochy patří velikost střížné vůle, vlastnosti stříhaného materiálu, způsob stříhání, kvalita střížného nástroje a druhu použitého stroje. Aby se zabránilo nekvalitní střížné ploše nebo deformaci výstřížku je nutné střížný nástroj podrobit různými konstrukčními úpravami, případně zvolit jiný způsob stříhání. Oddělení materiálu probíhá postupně nebo současně podél křivky stříhu, vyvolané relativním pohybem dvou břitů vytvářející střížné – smykové napětí. Proces stříhání lze popsat třemi fázemi (obr. 2).

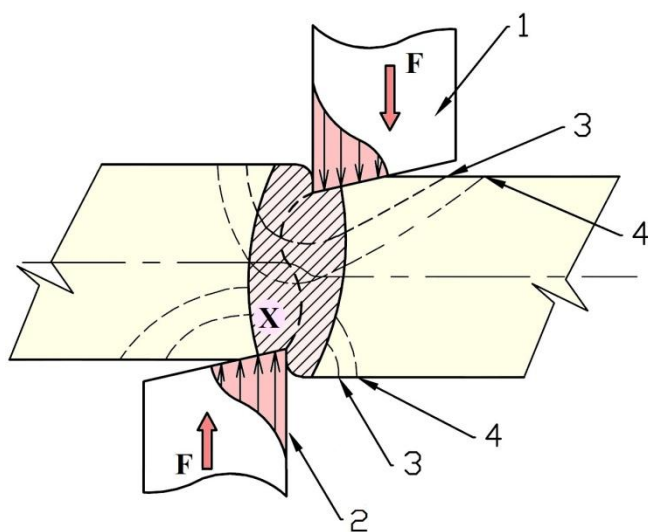
V první fázi střížník dosedá na stříhaný materiál, čímž dochází k pružnému vnikání do povrchu stříhaného materiálu. Hloubka vniku  $h_{el}$  je dána mechanickými vlastnostmi materiálu. Dvojice sil působící mezi hranami střížníku a střížnice způsobí nežádoucí ohyb. Ve druhé fázi napětí ve směru vnikání nabývá větších hodnot než je mez kluzu a dochází k trvalé plastické deformaci.

Třetí fáze dosahuje napětí meze pevnosti ve stříhu  $\tau_s$ . Vytvořené trhlinky jsou podporovány tahovým normálovým napětím ve směru vláken. Rychlé šíření trhlin způsobí oddělení výstřížku. Rychlost šíření je závislé na mechanických vlastnostech materiálu a na velikosti střížné vůle  $v = 2z$ .



Obr. 2 Fáze stříhání [7]

Materiál je při stříhání zatěžován dvojicí sil. Silová dvojice působí na rameni, které je dáno střížnou vůlí mezi funkčními částmi nástroje. Jakmile střížník dosedne na střížný materiál, začne vznikat pružná deformace. Pozice 1,2 na obrázku 2.1 znázorňují místa styku nožů, kde dochází k šíření tlaku, který je znázorněn pozicemi 3,4. Ve vláknech materiálu dochází ke vzniku tahových napětí podél střížné plochy, který jsou způsobeny přesouváním hmoty pod střížníkem a střížnicí. V oblasti X postupně dochází k protahování a ohýbání vláken. Pohybující se nože proti sobě dosahují určité hloubky a rovněž deformace vláken vzrůstá, po dosažení určité hloubky vznikne trhлина v deformační zóně a dojde k počátečnímu porušení soudržnosti. Trhлина se většinou začne šířit od břitu nástroje, kde se nachází největší napětí.



Obr. 2.1 Rozložení tlaku v oblasti stříhu [13]

## 2.1 Střížná vůle [17],[20]

Střížná vůle je rozdíl rozměrů pracovní části střížníku a střížnice. Správná velikost je důležitou součástí pro kvalitu a jakost stříhu, životnost nástroje, spotřeba energie apod. Střížná vůle musí být totožná a rovnoměrná na všech místech střížné křivky stříhu. Pokud rozložení není stejné, dochází na obvodě ke vzniku povrchových vad a střížná plocha je nekvalitní. Velikost se určuje z hlediska střížníku nebo střížnice vzhledem k rozměrům finálního výstřížku. Při děrování velmi přesných otvorů je nutné volit střížnou vůli a to tak, že se zvětší rozměry střížnice na úkor střížníku. Při stříhání přesného vnějšího obvodu je střížná vůle zvolena na úkor střížníku. Velikost závisí na tloušťce a druhu stříhaného materiálu. Výpočet střížné vůle dle normy ČSN 22 6015.

$$m = \frac{v}{2} = c \cdot s \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} \text{ [mm]}, \quad (2.1)$$

kde:  $v$  [mm] – střížná vůle,

$m$  [mm] – střížná mezera,

$s$  [mm] – tloušťka materiálu,

$\tau_s$  [MPa] – střížný odpor  $0,8 \cdot R_m$ ,

$R_m$  [MPa] – mez pevnosti v tahu,

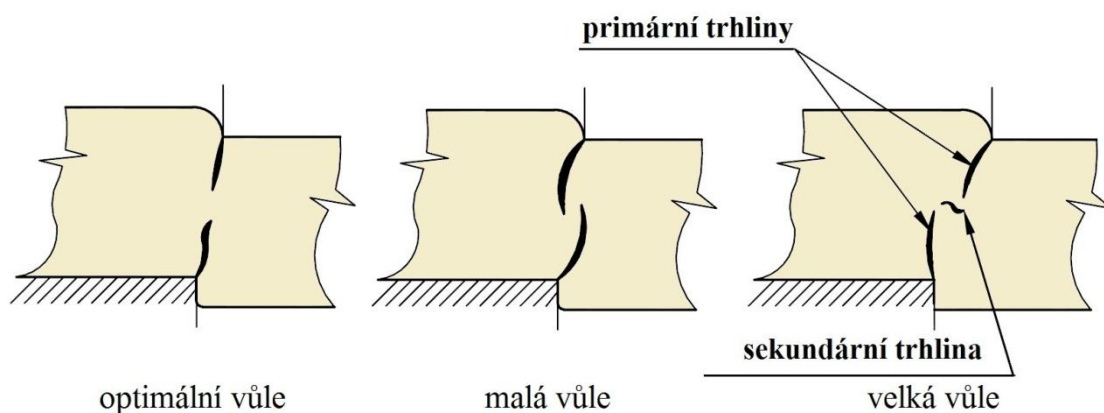
$c$  [-] – koeficient závislý na druhu stříhaného materiálu,

$c=0,05$  pro materiály s  $\tau_s = 360$  MPa,

$c=0,01$  pro tvrdší materiály,

$c=0,015-0,035$  pro dosažení hrubé střížné plochy – snížení síly a práce.

Druhy střížné vůle vystihuje obrázek 2.2. Optimální vůle je taková, při níž je dosažena požadovaná jakost střížné plochy za působení nejmenší střížné síly. Při optimální vůli se nástřihy od obou střížných prvků setkají a ve střížné ploše je jedna plocha bez otřepů neboli trhlin.



Obr. 2.2 Druhy střížné vůle [17]

## 2.2 Střížná síla a práce [4],[6],[7],[20]

Znalost střížných sil je nezbytně nutnou součástí pro správný návrh technologického procesu stříhání, pro volbu nástrojů a strojního zařízení, na kterém bude stříhání provedeno. Velikost je dána součinem střížného odporu a střížné síly. Při stříhání nedochází pouze k čistému smyku, ale kombinovanému namáhání. Z tohoto hlediska je tedy nutné sílu uvažovat o 20-50% větší z důvodu přidavných namáhání. V průběhu vnikání střížníku do houževnatého materiálu dochází ke zpevňování a následně k růstu střížného odporu a střížné síly. Růst vzniká za mezí kluzu a pokračuje až do meze pevnosti stříhaného materiálu. Naopak u křehkých materiálů je porušení patrné už při počátečním vnikání střížníku do materiálu. Snížení střížné síly lze mnohdy dosáhnout úpravou střížníku neboli střížných hran, které jsou zešikmeny pod určitým úhlem. Úprava střížníku se realizuje v případě stříhání dlouhých tvarových stříhů. Zde by byla střížná síla velká a způsobovala by rázy, které by zvyšovaly otupení nástrojů, a také by docházelo ke zvlnění materiálu. Výše uvedená úprava nástroje je schopná snížit střížnou sílu o 30-40%, kterou výrazně ovlivňuje střížná mezera způsobující ohybový moment, který vzniká silami na střížníku a střížnici. Ohybový moment má za následek vznik jednotlivých pásem na výrobku a ohyb na okrajích výstřížku. Střížná plocha je znázorněna na obrázku 2.3. Střížná síla lze určit ze vzorce:

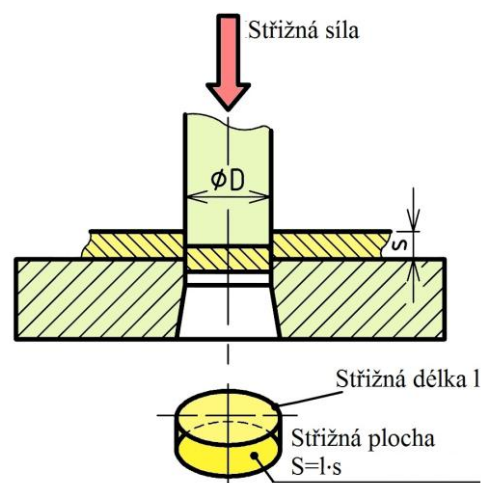
$$F_s = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l \cdot s \cdot \tau_s \text{ [N]}, \quad (2.2)$$

kde:  $F_s$  [N] – střížná síla,

$n$  [-] – součinitel otupení  $n=1,2 \div 1,5$ ,

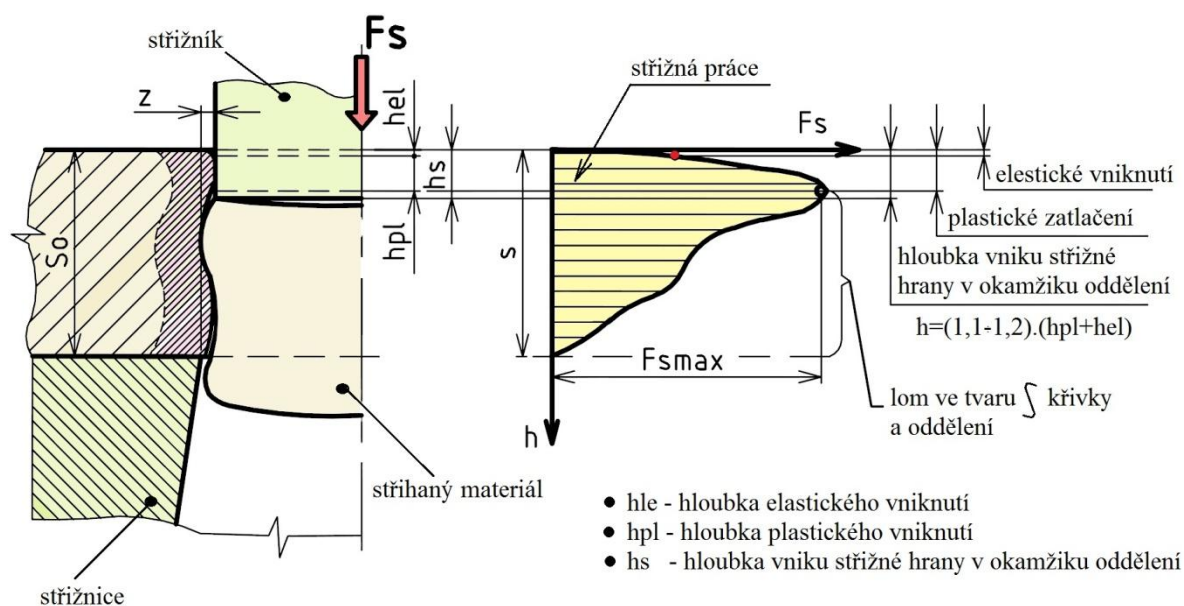
$S$  [mm<sup>2</sup>] – plocha stříhu,

$l$  [mm] – délka stříhu.

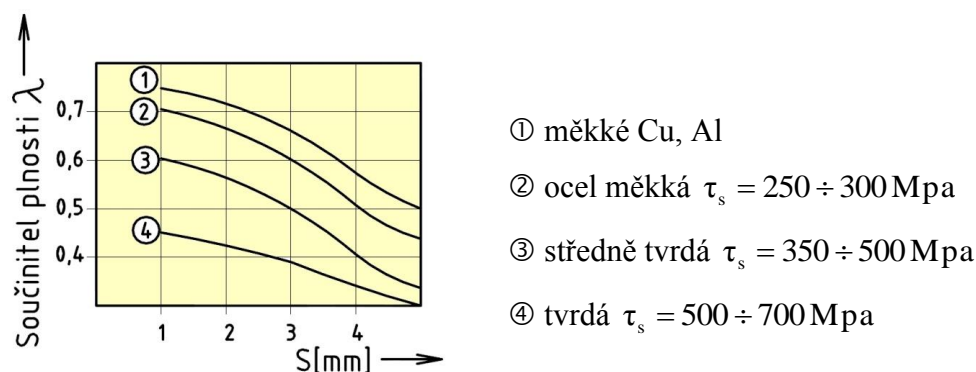


Obr. 2.3 Střížná plocha [4]

Střížná práce při stříhu je dána plochou pod křivkou střížné síly. Průběh síly v závislosti na dráze je patrná z obrázku 2.4. Součinitel plnosti  $\lambda$ , lze pro některé materiály určit z grafu na obrázku 2.5.



Obr. 2.4 Průběh střížného procesu a střížné síly [7]



Obr. 2.5 Graf ke stanovení součinitele plnosti [7]

$$A_s = \lambda \cdot F_{s_{\max}} \cdot s \quad [\text{J}], \quad (2.3)$$

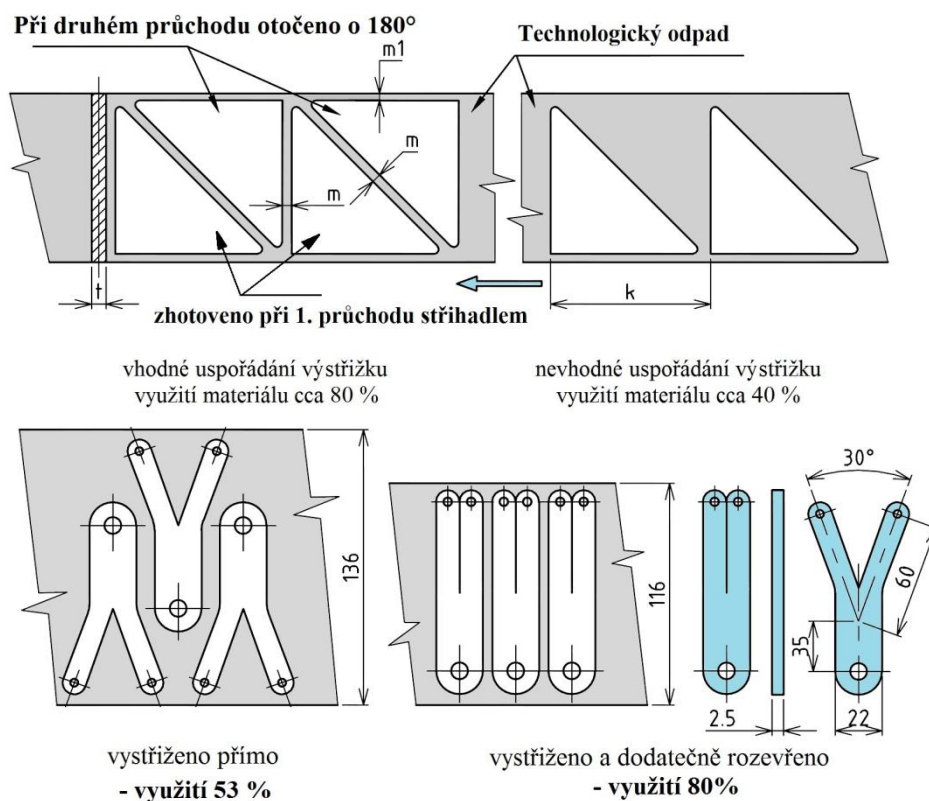
kde:  $A_s$  [J] – střížná práce,  
 $\lambda$  [-] – součinitel plnosti,  
 $F_{s_{\max}}$  [N] – střížná síla maximální.

### 2.3 Nástřihový plán [3],[8],[12],[19]

Hospodárné využití stříhaného materiálu je ovlivněno tvarem výstřížku a jeho uspořádání na pásu (obr. 2.6), které by mělo být co nejvýhodnější z technologického i ekonomického hlediska. Stříháním dochází ke vzniku technologického odpadu (závisí na tvaru a uspořádání výstřížku na pásu) a konstrukčního odpadu (závisí na vnitřním a vnějším tvaru výstřížku).

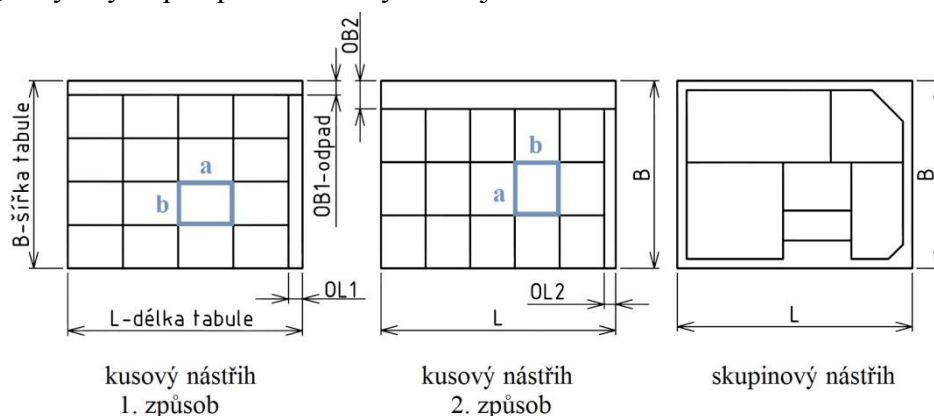


Pro zvýšení hospodárnosti stříhání je někdy nutné změnit tvar stříhané součásti nebo finální vzhled výstřížku realizovat po stříhání (obr. 2.6). Čím menší je potřebná šířka pásu na určitý výrobek, tím je technologičnost materiálu lepší. Lze očekávat menší odpad materiálu, snazší manipulaci při přípravě a lisování. Menší rozměry nástrojů a ostatních výrobních či manipulačních pomůcek. Šířka pásu závisí nejen na rozměrech finální součásti, ale i na nástřihu neboli umístění a natočení výstřížku vzhledem k ose.



Obr. 2.6 Uspořádání výstřížku na pásu a úprava konečného tvaru [8]

Nástřihový plán (obr. 2.7) může být buď kusový, nebo skupinový. Je nezbytnou součástí pro výpočet spotřeby materiálu (plechu). Kusový plán vychází ze dvou způsobů, ten nejvhodnější způsob je prověřen přes výpočty. U skupinového nástřihu je na jedné tabuli plechu (šířka B x délka L) uspořádána skupina součástí různých tvarů jednoho finálního výrobku. Nutné je rozvrhnout polohu výstřížků tak, tak aby využití materiálu bylo hospodárné, tedy aby odpad při stříhání byl co nejmenší.



Obr. 2.7 Nástřihový plán [8]

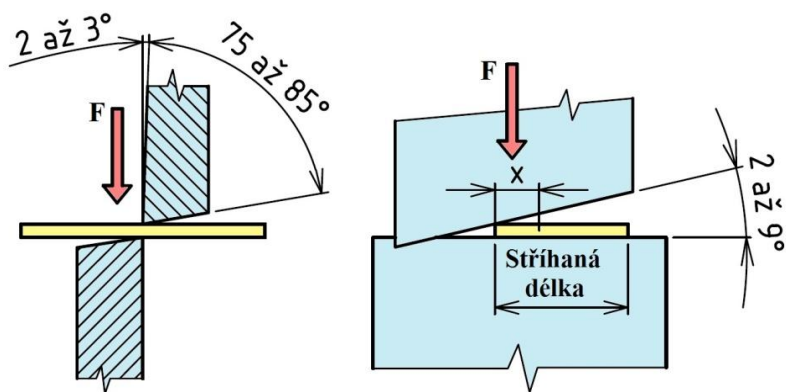
Přesnost a jakost povrchu střížné plochy závisí na mnoha faktorech, na které je nutné brát ohled: přesnost střížníku a střížnice, konstrukci nástroje, materiálu, kvalitu a geometrii střížných hran, velikosti střížné vůli a na tloušťce stříhaného materiálu. Přesnost střížných ploch je ovlivněna spolu s výše uvedenými faktory také se zvoleným způsobem stříhání, kterým lze dosáhnout:

- zvýšenou přesnost (IT 6, IT 7, IT 8, IT 9),
- střední přesnost (IT 11, IT 12),
- nižší přesnost (IT 14, IT 15, IT 16).

Jakost povrchu je ovlivněna řadou činitelů, mezi nejdůležitější lze uvést stav a konstrukci stříhadla, střížnou vůli, zvolený materiál a rychlost, kterou se bude materiál stříhat. Drsnost povrchu  $R_a$  se zvyšuje podle tloušťky plechu. Plech tloušťky  $s=1$  mm má drsnost  $R_a=0,4-0,8$  u plechů silnějších, je drsnost  $R_a=1,6-3,2$ . Rovněž tvrdé materiály mají drsnost vyšší.

## 2.4 Dělení materiálu na nůžkách [4],[8]

Nezbytnou součástí pro dělení materiálu jsou nástroje pro stříhání nebo řezání. Stříhání je provedeno nůžkami nebo různými druhy stříhacích nástrojů. Ručními nůžkami lze stříhat pouze tenké plechy a to vzhledem k malé střížné síle. Proto tato ruční varianta je používána v kusové výrobě a při opravách. Mezi nejčastěji používané ruční nástroje patří přímé a křivkové nůžky, jejich volba je závislá na tvaru výstřížku. Nejpoužívanější nástroje pro stříhání pásků z tabulí plechu patří tabulové nůžky. Aby střížné hrany byly kolmé a plocha stříhu byla bez otřepů, musí být bříty obou nožů dostatečně naostřeny. Nože se při stříhání musí těsně míjet.



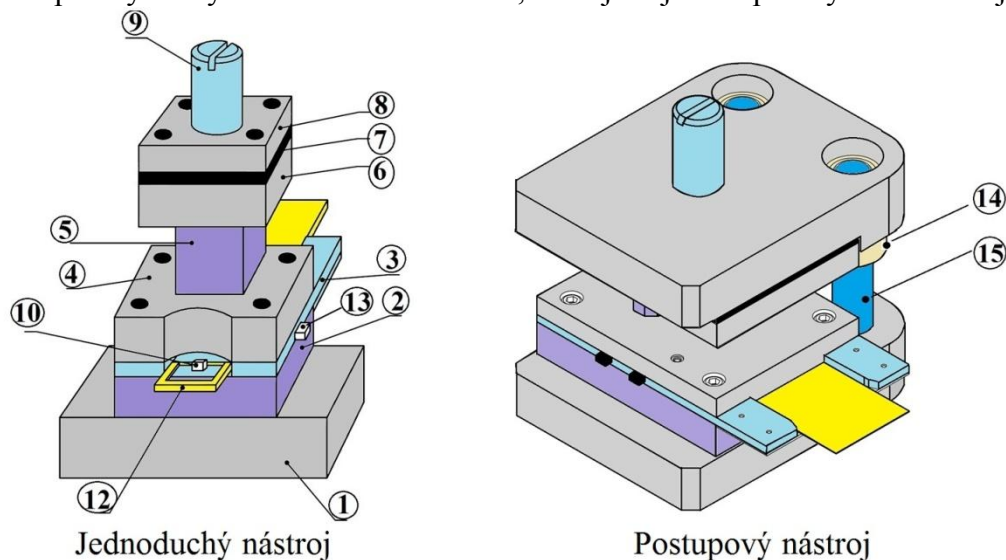
Obr. 2.8 Průběh stříhání [8]

Před stříháním je tabule plechu pevně přitisknuta přidržovačem ke stolu nůžek s dolním nožem. Průběh stříhání (obr. 2.8) spočívá v pohybu horního nože, který postupně míjí dolní nůž. Jejich ostří není rovnoběžné. Tabulové nůžky jsou prostorově velké, jejich šířka může dosahovat až několik metrů. Posuvy přidržovače a horního nože jsou zajištěny klikovým mechanismem nebo hydraulickými válci.

Mezi nůžky pro dělení materiálu, také patří nůžky na pásy zhotovující pásy různých šířek. Kvalita a přesnost stříhaných pásků závisí na správném seřízení a ostření stříhacích kotoučů a celkové údržbě. V automobilovém průmyslu jsou využívány křivkové nůžky k ostřihování blatníků, dveří střech apod. Jsou tedy určeny k vystřihování různých tvarů a rovněž k ostřihování obvodů velkých výtažků.

## 2.5 Stříhadla [4],[8],[14]

Na lisech se vyrábějí jedním nebo několika zdvihy různé tvarové díly z plechu pomocí střížných nástrojů. Hlavní částí stříhadla je střížník a střížnice. Materiál je vkládán mezi střížník (pohyblivá část) a střížnici (pevná část) a je veden vodíci lištami. Posuv materiálu neboli tzv. krok mezi jednotlivými zdvihy střížníku je omezen dorazem. Střížné nástroje mohou být doplněny různým zařízením a nářadím, čímž je zajištěn správný chod nástroje.

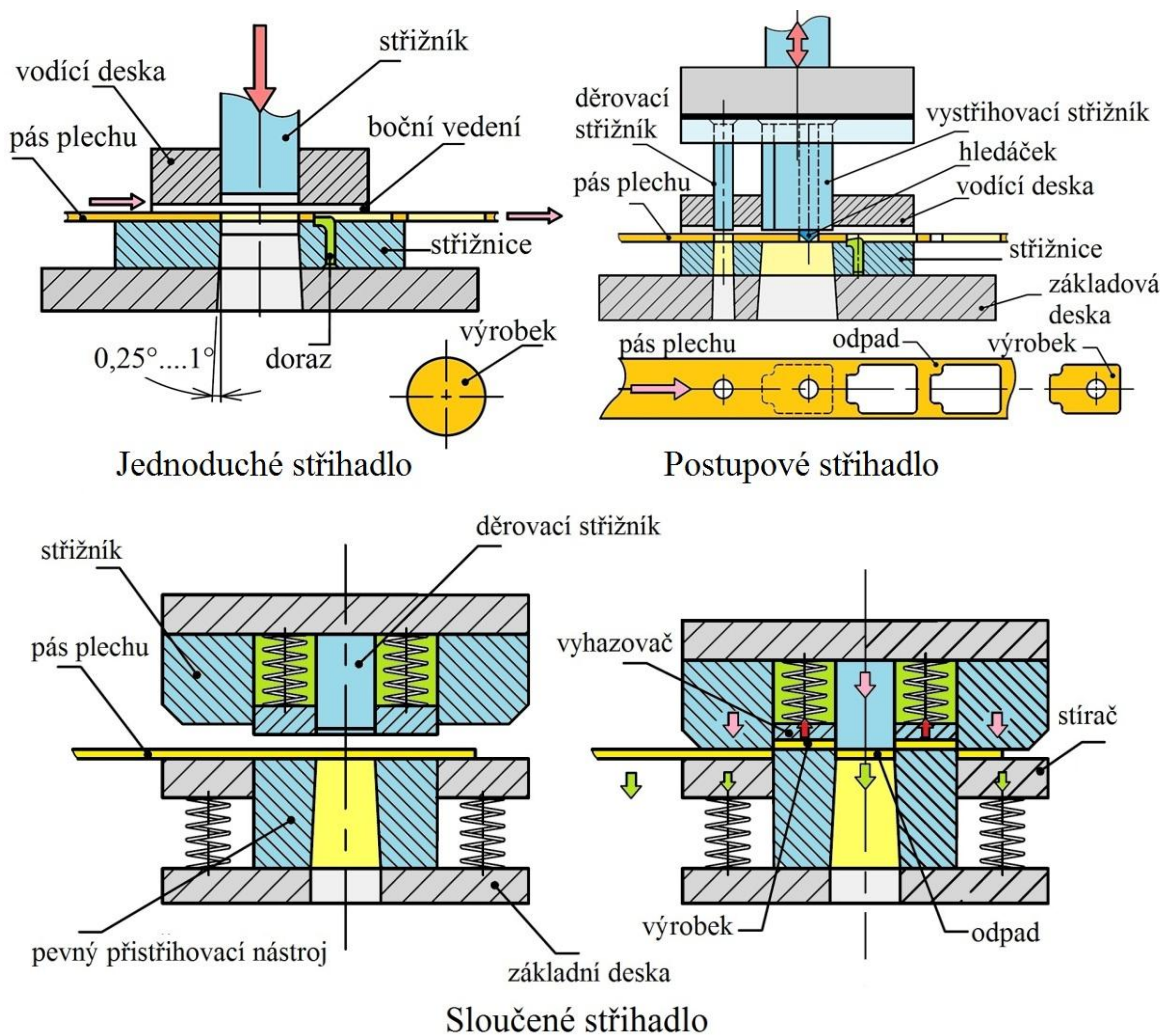


Obr. 2.9 Střížné nástroje [8]

Každý střížný nástroj (obr. 2.9) musí mít základovou desku (poz.1) z důvodu upnutí na pracovní stůl stroje. Důležitou funkci nástroje plní střížník (poz.5) a střížnice (poz.2). Vodíci lišty (poz.3) slouží pro vedení materiálu mezi střížníkem a střížnicí. Vzdálenost mezi dvěma lištami je potřebné volit tak, aby materiál procházel volně i tehdy, kdy je lisováním deformován např. prohnutím. Vodíci deska (poz.4) se používá tam, kde je požadována dobrá přesnost. Vodíci deska umožňuje přesné vedení střížníku do otvoru střížnice a je upnuta šrouby přes vodíci lišty a střížnici. Střížný nástroj bez vodíci desky se používá, když není požadována velká přesnost a kvalita výstřižku. Stříhadla bez vodíci desky musí být zajištěna přesným vedením smýkadla lisu. Kotevní deska (poz.6), do které jsou upevněny střížníky. Upnutí střížníku do kotevní desky lze provést několika způsoby. Nad kotevní deskou se nachází vložka (poz.7), která je umístěna mezi kotevní a upínací deskou a zabraňuje protlačení střížníku do upínací desky (poz.8) tvořící horní část střížného nástroje.

Při použití střížného nástroje s vodíci stojánky je upínací deska nahrazena horní deskou stojánky. Horní část střížného nástroje tvoří stopka upnuta do beranu lisu. Stopka taktéž slouží k ustředění nástroje. Nezbytnou součástí nástroje jsou dorazy. Koncové dorazy (poz.10) vymezují délku posuvu pásu při ručním podávání. Jsou zalisované ve střížnici, někdy ve vodíci desce. Načínací doraz (poz.13), při vkládání pásu do střížného nástroje načínací doraz vymezí přesnou polohu pro děrování a vystřižení. Střížné nástroje se sloupkovým vedením (poz.15) jsou nejpresnější nástroje. Stříhadlo se skládá ze dvou nebo čtyř sloupku zapuštěných v základní desce. Horní část je v kotevní desce vedena kluznými nebo valivými vodíci pouzdry (poz.14). Pro pomalejší a větší boční tlaky jsou vhodnější kluzná vodíci pouzdra. Pro pohyb s větší frekvencí a menším zdvihem jsou vhodná valivá vedení. Ustavení materiálu je zajištěno pomocí tzv. hledáček, které jsou používány u postupových střížných nástrojů, kde je nutné ustavit materiál tak, aby byla dosažena rozměrová přesnost a kvalita výstřižku.

Jednoduchá stříhadla zhotoví výstřížek na jeden zdvih nástroje. Po vystřížení je plechový pás posunutý nad úroveň dorazu a dovolí jeho posunutí přes doraz. Postupové stříhadlo se skládá z více střížníků a výstřížek je zhotoven postupně na několik zdvihů. Jedním zdvihem nástroje mohou být vystříženy otvory budoucího výstřížku na druhý zdvih je vystřížen budoucí tvar. Přesný posuv pásu je jištěn hledáčkem. Postupová stříhadla zhotoví dva stříhy na jeden zdvih. Například prostřížení otvorů a ostřížení konečného tvaru. Nástroje musí být velmi přesné a stabilní. Vedle výše uvedených střížných nástrojů je nutné zmínit také přesná stříhadla, která zhotovují jedním stříhem výstřížky s velmi kvalitní rozměrovou a střížnou plochou bez otřepů. Použití je omezeno pouze na velmi tenké plechy z důvodu malé střížné vůle, která se pohybuje kolem 0,5% tloušťky plechu. Druhy střížných nástrojů jsou uvedeny na obrázku 2.10.



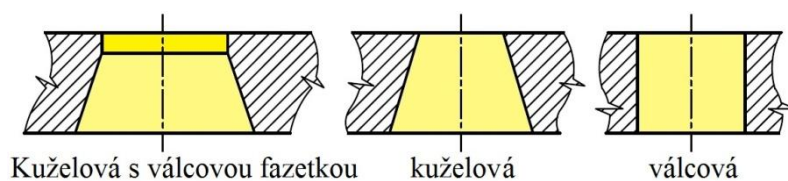
Obr. 2.10 Druhy střížných nástrojů [4]



## 2.6 Střížnice a střížníky [14],[17]

Střížnice rozdělujeme na celistvé (vyrobené z jednoho kusu), skládané (vyrobené z několika částí), střížnice vložkové (deska z konstrukční oceli do které jsou vsazené kalené vložky). Druhy střížnic jsou uvedeny na obrázku 2.11.

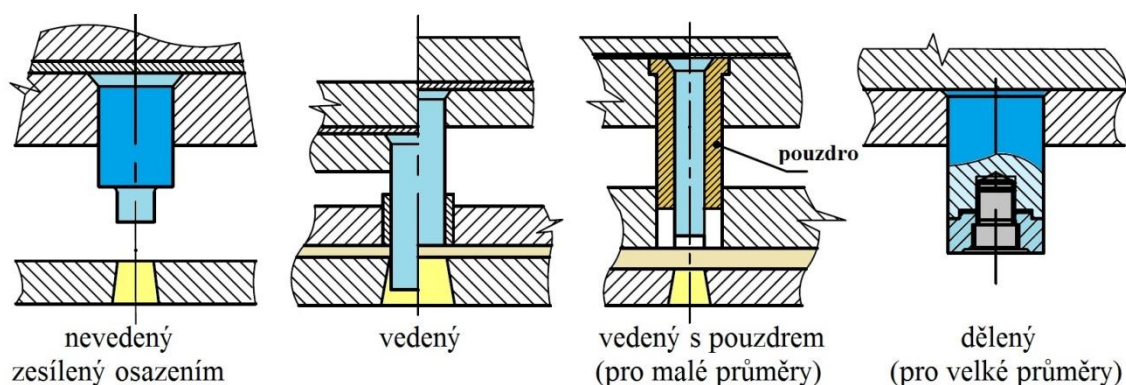
Celistvé střížnice se používají pro vystřihování menších a jednoduchých tvarů u kterých se úplně nemohou projevit nevýhody složitého opracování, které se dají odstranit kalením. Skládané střížnice se používají pro výstřižky velkých a složitých tvarů. Skládají se z několika dílů a jejich výroba je přesnější a snadnější. Během tepelného zpracování se díly střížnice méně deformují a případné deformace lze odstranit broušením. Vložkové střížnice mají podobné výhody jako střížnice skládané. Zvyšují životnost nástroje, výměna vložky je jednoduchá a obvykle vyčnívá 3-5 mm nad objímkou z hlediska broušení. Vložka se nesmí po zpětném pohybu posouvat, případně musí být zajištěna proti posunutí. Skládané a vložkové střížnice jsou používány v sériové a hromadné výrobě.



Obr. 2.11 Druhy střížnic [17]

Střížníky (obr. 2.12) je možno rozdělit podle tvaru průřezu (kruhové, obdélníkové, čtvercové a tvarové), podle způsobu upínání (v upínacím držáku, osazení, roznýtováním, zalitím).

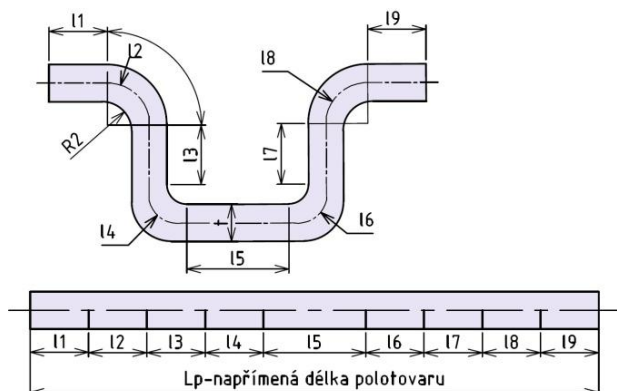
Malé střížníky jsou vyráběny jako celistvé, u rozměrnějších střížníků lze nosnou část vyrobit z konstrukční oceli a funkční část z nástrojové oceli. Funkční část je k nosné části upevněna pomocí šroubů. Upínání střížníku lze provádět různými způsoby např. roznýtování jeho horní části nebo osazení. Velké střížníky je možno upnout za přírubu případně zapustit. Upnutí v kotevní desce lze provést zalitím pryskyřicí.



Obr. 2.12 Střížníky [17]



Z délky neutrální osy se určuje rozvinutá délka polotovaru před ohybem. Pro výpočet délky výchozího polotovaru při ohýbání je nutný součet rovných úseků konečného výrobku a délek oblouku (neutrálních ploch) v místě ohybu. Délka neutrálních ploch  $l_n$  v ohnutém úseku závisí na poloměru ohybu  $R_o$ , tloušťce ohýbaného materiálu  $t$  a úhlu oblouku neutrální vrstvy. Stanovení délky polotovaru je znázorněn na obrázku 3.1. Stanovení délky polotovaru se určí ze vztahu:



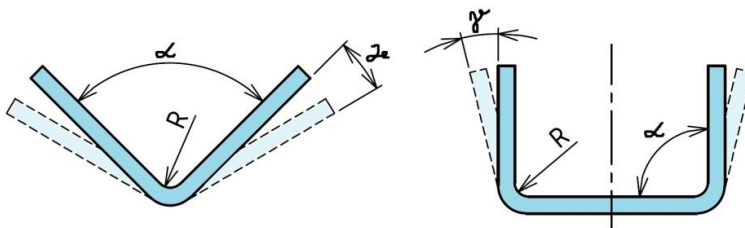
Obr. 3.1 Stanovení délky polotovaru [8]

$$l_n = \frac{\pi \cdot \varphi}{180} \cdot (R_o + x \cdot t) \text{ [mm]}, \quad (3.3)$$

kde:  $\varphi$  [°] – úhel ohybu.

### 3.1 Odpružení při ohybu V a U [5],[6],[7],[8]

Jakmile na materiál přestane působit deformační síla, dojde k vymezení pružné deformace a tím se mění požadovaný úhel ohybu. Tento stav se v teorii ohýbání nazývá zpětné odpružení (obr. 3.2). Velikost zpětného odpružení  $\gamma$  závisí na mechanických vlastnostech a tloušťce ohýbaného materiálu, poměru  $R/t$ , velikosti úhlu ohybu a konstrukci ohýbadla. Zpětné odpružení lze určit dvěma způsoby: z diagramů, které jsou určeny pro ocel, měď a slitiny nebo výpočty. Výpočet odpružení se určí ze vztahu:



Obr. 3.2 Odpružení materiálu po ohybu (V-U) [8]

$$tg\beta = 0,375 \cdot \frac{l_v}{k \cdot s} \cdot \frac{Re}{E} \text{ [°]}, \quad \text{Ohyb do tvaru V} \quad (3.4)$$

$$tg\beta = 0,75 \cdot \frac{l_u}{k \cdot s} \cdot \frac{Re}{E} \text{ [°]}, \quad \text{Ohyb do tvaru U} \quad (3.5)$$

kde:  $l_v, l_u$  [mm] – vzdálenost mezi opěrami ohybnice,

$\beta$  [°] – úhel odpružení,

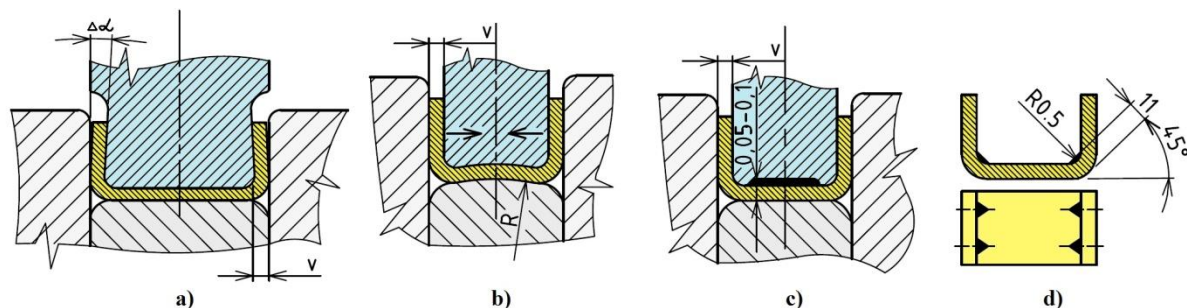
$E$  [MPa] – modul pružnosti v tahu,

$k$  [-] – součinitel určující polohu neutrální plochy v závislosti na poměru

$R_o/t$ ,  $k=1-x$ ,

$Re$  [MPa] – mez kluzu ohýbaného plechu.

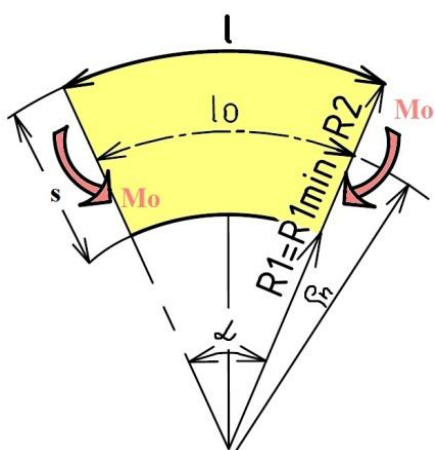
Výrazné odpružení lze omezit několika způsoby a to podbroušením ohybníku (obr. 3.3a), zaoblením dolní části ohýbadla nebo vyhazovače (obr. 3.3b), zpevněním materiálu v rozích ohybu (obr. 3.3c) nebo vytvořením vyztužených žebér – prolisů (obr. 3.3d).



Obr. 3.3 Způsoby odstranění výrazného odpružení po ohybu [7]

### 3.2 Minimální a maximální poloměr ohybu [7]

Pružně plastický ohyb lze vykonat až do minimálního poloměru ohybu  $R_{1min}$  (obr. 3.4). Další zmenšení vede k narušení ohýbaného materiálu na vnější tahové straně. Tečné tahové napětí v krajních vláknech je rozhodující pro ohýbání. K porušení lomu dochází po dosažení meze pevnosti  $R_m$ . Minimální poloměr ohybu se určí ze vztahu:



Obr. 3.4 Poloměr ohybu  $R_{1min}$  [7]

$$R_{1min} = \frac{s}{2} \left( \frac{1}{\epsilon_{tmax}} - 1 \right) = c \cdot s \quad [\text{mm}], \quad (3.6)$$

kde:  $\epsilon_{tmax}$  [mm] – poměrné prodloužení,

$c$  [-] – součinitel.

- měkká ocel 0,5 až 0,6
- měkká mosaz 0,3 až 0,4
- hliník 0,35
- dural 3 až 6
- měkká měď 0,25

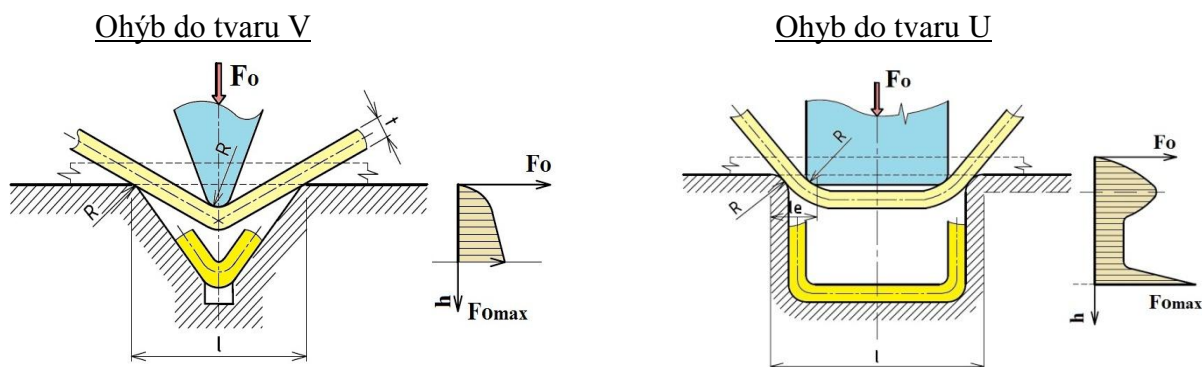
Při maximálním poloměru ohybu dojde v krajních vláknech na tahové straně k nevratné – trvalé plastické deformaci. Maximální poloměr ohybu se určí ze vztahu:

$$R_{1max} = \frac{s}{2} \left( \frac{E}{R_e} - 1 \right) \quad [\text{mm}] \quad (3.7)$$



### 3.3 Výpočet ohýbací síly pro ohyb V a U [5],[7]

Ohýbání do tvaru U a V patří k dvěma základním způsobům ohýbání materiálu. Výpočet ohýbací síly z hlediska všech faktorů, které ovlivňují ohybový proces, je velmi komplikovaný a vyžaduje řadu literaturních studií z hlediska teorie ohýbání. Ohýbání do tvaru U a V a průběh ohýbací síly je znázorněn na obrázku 3.5. Závislost ohýbací síly na dráze ohybníku popisuje obrázek 3.6.

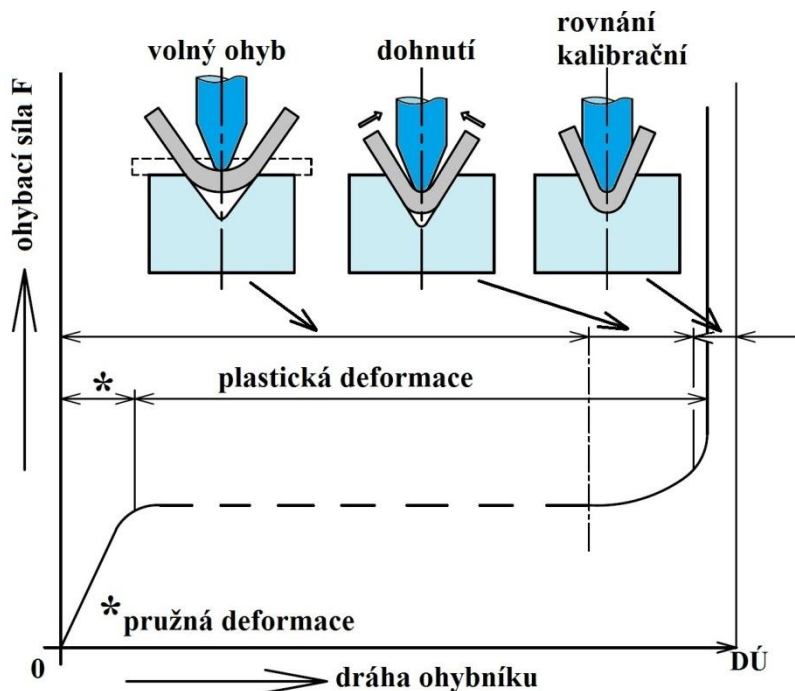


Obr. 3.5 Způsob ohýbání a průběh ohýbací síly při ohýbání do tvaru V a U [5]

$$F_v = \frac{b \cdot s^2 \cdot R_e}{2 \cdot R} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad [\text{N}], \quad (3.8)$$

$$F_u = (1 + 7 \cdot f) \frac{b \cdot s^2 \cdot R_e}{R + s} \quad [\text{N}], \quad (3.9)$$

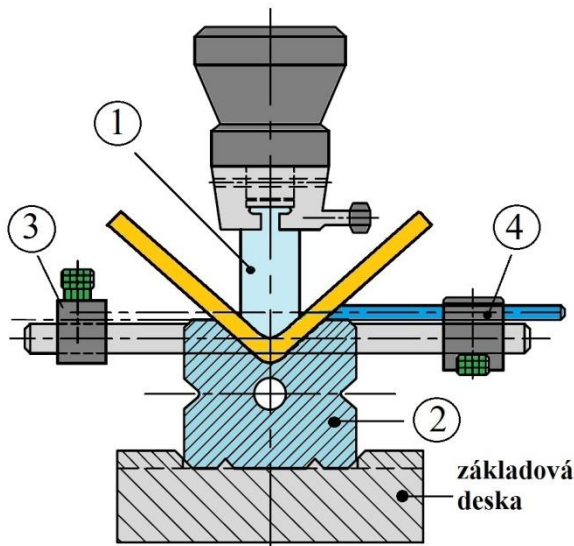
kde:  $F_v$  [N] – síla při ohýbání do tvaru V,  
 $F_u$  [N] – síla při ohýbání do tvaru U,  
 $\alpha$  [°] – úhel ohybu,  
 $\mu$  [-] – součinitel tření.



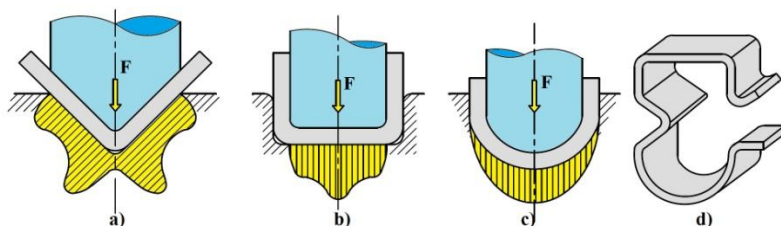
Obr. 3.6 Závislost ohýbací síly na dráze ohybníku [5]

### 3.4 Ohýbadla [7],[8],[14]

Hlavní částí ohýbacího nástroje (obr. 3.7) je ohybník (pohyblivá část), ohybnice (pevná část) a základací dorazy. Sloupkové vedení slouží pro přesné ohýbací nástroje. Běžné nástroje sloupkové vedení nemají. Ohýbací čelist pohyblivá (poz.1) je opatřena stopkou se zajištěním proti pootočení. Šířka pohyblivé čelisti musí být minimálně taková, jako je šířka ohýbané součásti. Hrany na ohýbací části jsou kaleny a leštěny. Poloměr zaoblení ohybníku je stejný, jako je poloměr ohybu ohýbané součásti. Ohýbací čelist pevná (poz.2) tvoří pevnou část celého nástroje. Doporučené velikosti zaoblení na činné části pevné čelisti závisí na tloušťce materiálu a rameni součásti. Zakládací dorazy (poz.3) a stavitelné dorazy (poz.4) slouží pro správné založení výstřižku před ohybem. Tvar dorazů musí být vhodně zvolen z hlediska, aby nepřekážel funkci ohýbadla. Hrany dorazů bývají zešíkmeny pod úhlem  $30^\circ$  čímž je zaručeno správné zakládání výstřižku. Základní způsoby ohýbání a příklad možné aplikace jsou zobrazeny na (obr. 3.8).

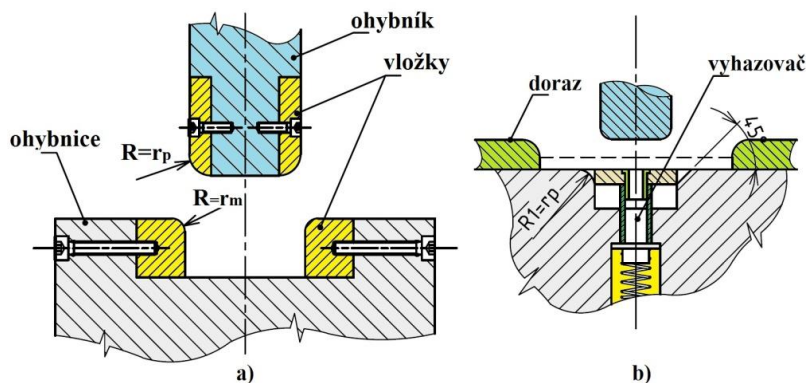


Obr. 3.7 Postupový ohýbací nástroj [7]



Obr. 3.8 Základní způsoby ohýbání [7]

Pro zvýšení odolnosti proti opotřebení funkčních částí ohýbadel jsou používány vložky z velmi odolných materiálů, jako jsou například slinuté karbidy. Ohýbadlo s vyztuženými funkčními částmi je zobrazeno na obrázku 3.9 a. Při ohýbání součástí jejich tloušťka je 3 mm a více je výhodnější, aby hrany ohybnice byly sraženy pod úhlem  $45^\circ$  viz.(obr. 3.9 b) Při ohýbání výstřižku o nestejně šířce dochází k posuvu a to směrem k větší šířce. Vyhazovač tedy může plnit i funkci přidržovače, čímž zabrání posunutí ve fázi rozvinutého ohybu.

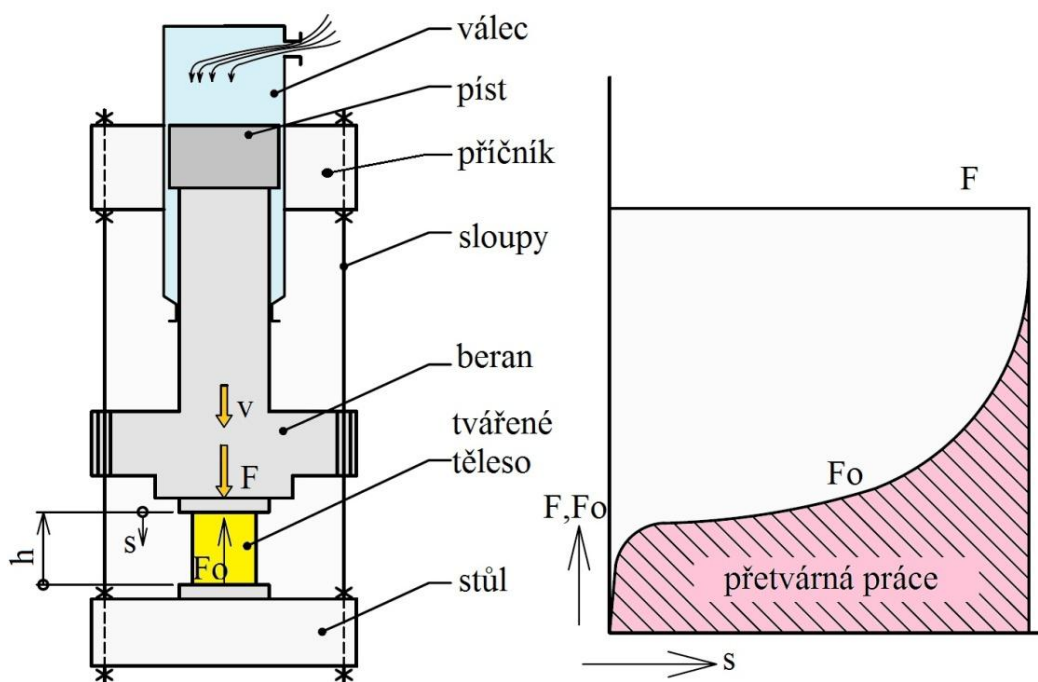


Obr. 3.9 Funkční části ohýbadel [7]

## 4 TVÁŘECÍ STROJE [4], [11],[16]

Pro výrobu součástí operacemi stříhání a ohýbání je nutné použít vhodný tvářecí stroj. Mezi nejznámější a nejpoužívanější tvářecí stroje patří lisy, které se volí podle nejdůležitějších parametrů (podle druhu prováděné operace, podle pohonu, dosahovaných sil a zdvihu a podle rychlosti).

Tvářecí stroje silové (obr. 4) využívají převážně potenciální energie k překonání deformačního odporu. Představitelem těchto strojů je hydraulický lis, jehož princip je založen na rovnoměrném šíření kapaliny všemi směry (Pascalův zákon). Podle uložení hydromotoru lze lisy rozdělit na svislé, vodorovné a kombinované a podle použitého pohonu: s přímým (čerpadlový), nepřímým (akumulátorový) a kombinovaným pohonem. Výhody a nevýhody hydraulického lisu udává tabulka 1.

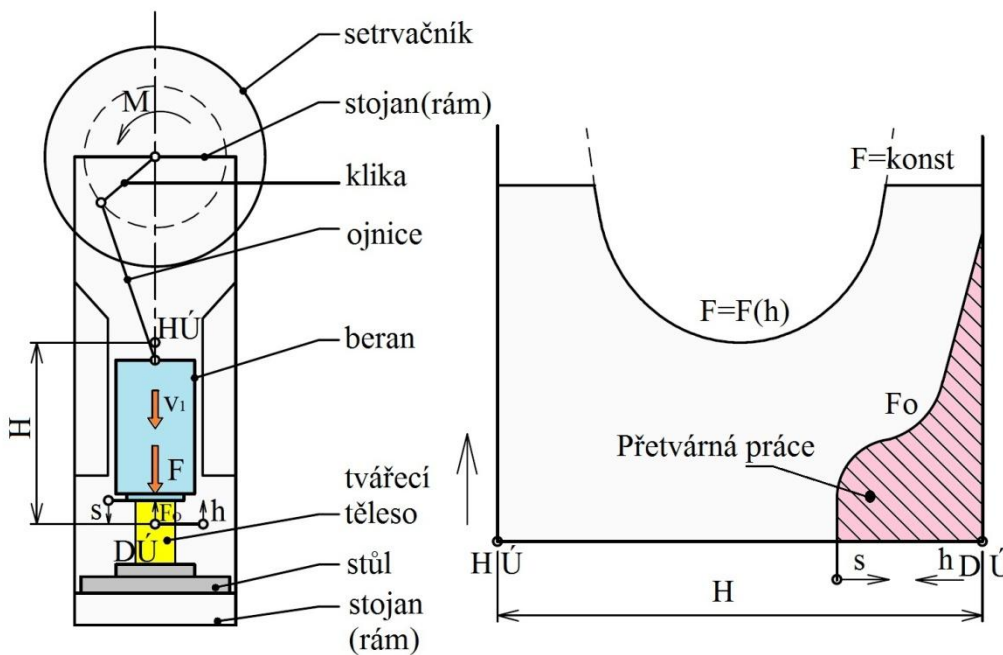


Obr. 4 Silový tvářecí stroj (hydraulický lis) [11]

Tab. 1 Výhody a nevýhody hydraulického lisu [16]

Výhody:	Nevýhody:
• Rychlost beranu $v=0-0,25$ m/s	• Menší výkon – menší produktivita
• Malá tvářecí rychlost	• Nutno stanovit tvářecí sílu (jinak by lis nestačil na vylisování)
• Hydraulické lisy nelze přetížít	• Nemají pevnou spodní úvrať (výšku je nutno regulovat zarážkou)
• Lze průběžně měřit tvářecí sílu	
• Pracují klidně	
• Jednoduchá obsluha	

Typickým představitelem zdvihových tvářecích strojů jsou mechanické lisy, které patří mezi nejpoužívanější stroje pro řadu tvářecích operací. Tyto lisy mají nevýhodu, že nejvyšší tvářecí síla lze odebrat těsně před dolní úvratí a oproti hydraulickým lisům musí být mechanické lisy opatřeny pojistkami, které zabraňují nebezpečnému přetížení stroje. Komplikované je také tváření velkou silou po delší dráze. I přes řadu těchto nedostatků jsou mechanické lisy v provozu nejvíce používány. Podle mechanismu použitého k přenosu energie lze lisy rozdělit na výstředníkové, klikové, kolenové, šroubové a hřebenové. Princip klikového lisu je uveden na obrázku 4.1.



Obr. 4.1 Mechanický lis (klikový) [11]

## Porovnání hydraulických a mechanických lisů

## Hydraulické lisy v porovnání s mechanickými lisy:

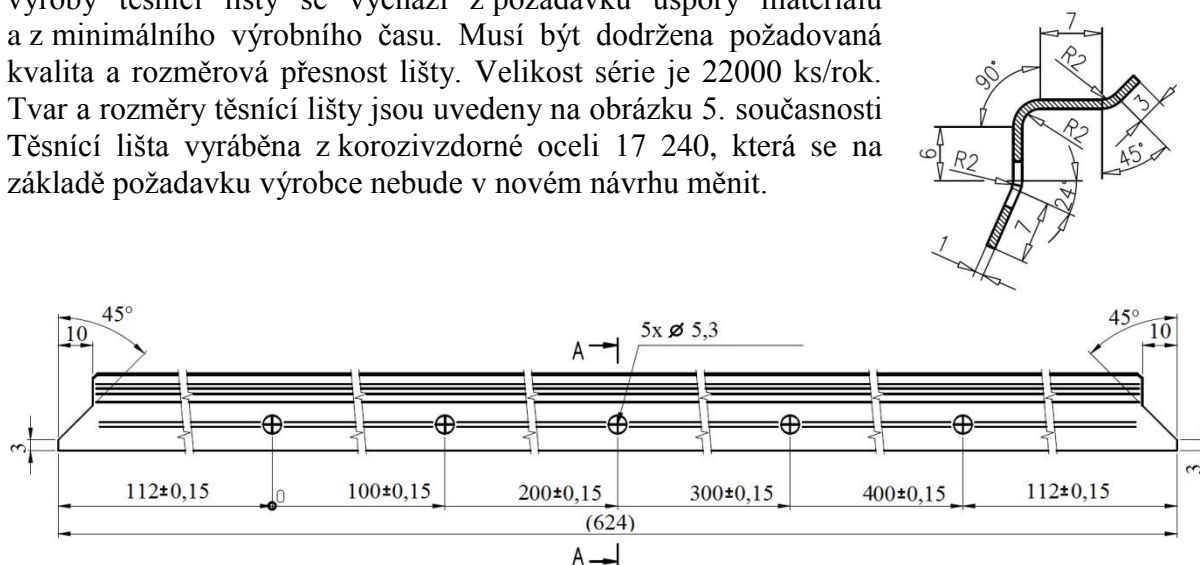
- je možné konstruovat na síly až  $10^3$  MN
- velikost pracovního zdvihu se dá nastavit libovolně z celkového zdvihu beranu
- možnost plynule regulovat rychlost
- jednoduchá a rychlá rezervace pohybu beranu
- možnost odebrání maximální síly v libovolném zdvihu
- možnost docílení konstantního tlaku a konstantní rychlosti beranu

Určité nevýhody hydraulických lisů ve srovnání s mechanickými lisy jsou tyto:

- větší složitost konstrukce pohonu
- horší účinnost
- pomalejší chod beranu a tím menší výrobnost stroje
- obtížnější možnost zjišťování poruch
- složitější údržba
- vyšší pořizovací náklady při stejné jmenovité síle – až o 30 %

## 5 NÁVRH VÝROBY TĚSNÍČÍ LIŠTY

Návrh výroby těsníční lišty (obr. 5) spočívá ve změně tvaru a následné výrobě, pro kterou bude navržený střížný nástroj a jednoúčelový ohýbací nástroj. Pro vhodnou technologii výroby těsníční lišty se vychází z požadavků úspory materiálu a z minimálního výrobního času. Musí být dodržena požadovaná kvalita a rozměrová přesnost lišty. Velikost série je 22000 ks/rok. Tvar a rozměry těsníční lišty jsou uvedeny na obrázku 5. současnosti Těsníční lišta vyráběna z korozivzdorné oceli 17 240, která se na základě požadavku výrobce nebude v novém návrhu měnit.

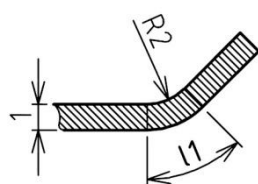


Obr. 5 Tvar a rozměry těsníční lišty

### 5.1 Délka rozvinuté součásti

Při výrobě těsníční lišty dochází k ohýbání a je tedy potřeba určit výchozí délku součásti, která je podstatná pro návrh nástřihového plánu. Pro stanovení délek  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  se vychází ze vzorce (3.3), kapitoly 3. Nejprve se určí hodnota součinitele  $x$  z tabulky, která je uvedena v příloze č. 4.

- Stanovení délky  $l_1$   
- Pro určování délky lze vycházet z obr. 5.1.

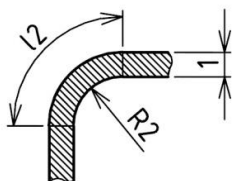


Obr. 5.1 Délka  $l_1$

$$\frac{Ro_1}{t} = \frac{2}{1} = 2 \rightarrow x = 0,445$$

$$l_n = \frac{\pi \cdot \varphi}{180} \cdot (Ro + x \cdot t) = \frac{\pi \cdot 45^\circ}{180} \cdot (2 + 0,445 \cdot 1) = \underline{\underline{1,92 \text{ mm}}}$$

- Stanovení délky  $l_2$   
- Pro určení délky lze vycházet z obr. 5.2.

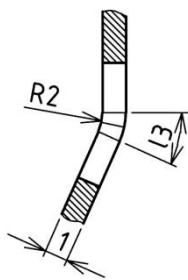


Obr. 5.2 Délka  $l_2$

$$\frac{Ro_2}{t} = \frac{2}{1} = 2 \rightarrow x = 0,445$$

$$l_n = \frac{\pi \cdot \varphi}{180} \cdot (Ro + x \cdot t) = \frac{\pi \cdot 90^\circ}{180} \cdot (2 + 0,445 \cdot 1) = \underline{\underline{3,84 \text{ mm}}}$$

- Stanovení délky  $l_3$   
- Pro určení délky lze vycházet z obr. 5.3.



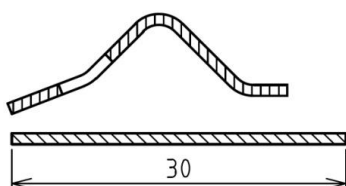
$$\frac{R_{o2}}{t} = \frac{2}{1} = 2 \rightarrow x = 0,445$$

$$l_n = \frac{\pi \cdot \varphi}{180} \cdot (R_o + x \cdot t) = \frac{\pi \cdot 24^\circ}{180} \cdot (2 + 0,445 \cdot 1) = \underline{\underline{1,02 \text{ mm}}}$$

Obr. 5.3 Délka  $l_3$

- Určení celkové délky

$$L_c = 3 + l_1 + 7 + l_2 + 6 + l_3 + 7 = 3 + 1,92 + 7 + 3,84 + 6 + 1,02 + 7 \cong \underline{\underline{30 \text{ mm}}}$$

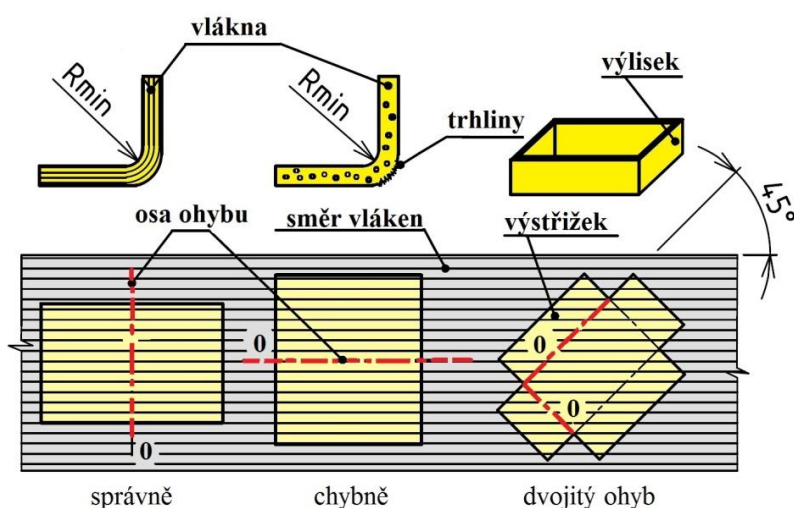


Délka rozvinuté součásti vyšla 30 mm. Z výpočtu tedy vyplývá, že to je o 2,8 mm méně, než je u současného tvaru lišty.

## 5.2 Nástřihový plán [8]

Polotovarem pro výrobu těsnící lišty je tabule plechu, která bude podle nejvýhodnější varianty nástřihána na pásy, které budou vkládány do střížného nástroje. Ten na jeden zdvih zhotoví prostřížení pěti otvorů a následné ostřížení krajů lišty. Stříhání pásek bude provedeno na hydraulických nůžkách, které má výrobce k dispozici.

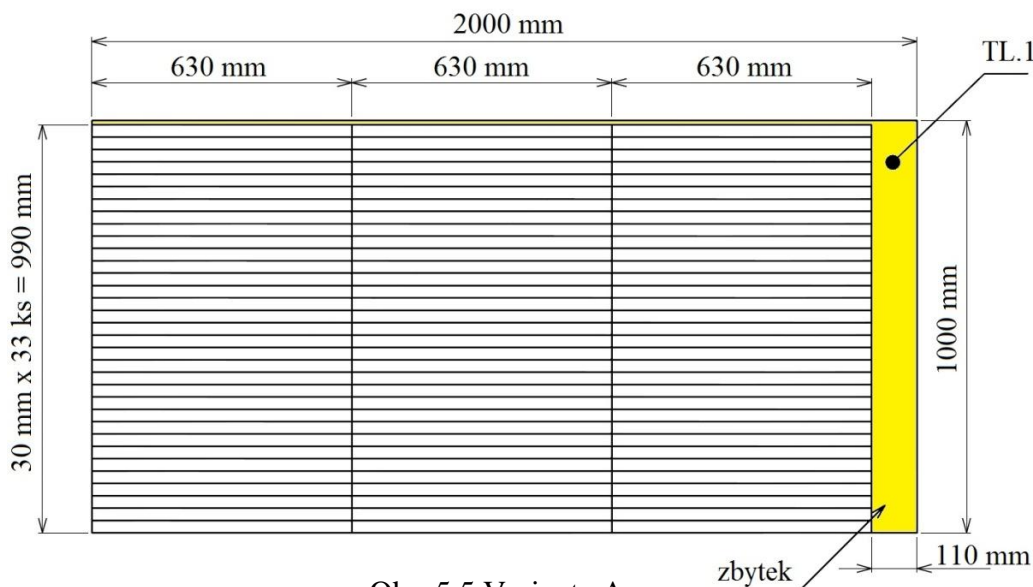
Při návrhu nástřihového plánu by měla být dodržena zásada, že osa ohybu by měla být kolmá na směr vláken materiálu. Vliv směru válcování na ohýbání je uveden na obrázku 5.4.



Obr. 5.4 Vliv směru válcování na ohýbání [8]



**varianta A** – Tabule plechu o rozměrech P1x1000x2000 mm. Pásky o rozměru 30 x 630 mm jsou uspořádány tak, že osa budoucího ohybu je totožná se směry vláken u tabule plechu. Při výpočtu vycházíme z obrázku 5.5.



Obr. 5.5 Varianta A

• Počet pásku z tabule plechu

$$n_p = \frac{\check{S}_{tp}}{a} \cdot \frac{D_{tp}}{b} = \frac{1000}{30} \cdot \frac{2000}{630} \cong 33 \cdot 3 = \underline{\underline{99 \text{ ks}}}$$

kde:  $\check{S}_{tp}$  [mm] – šířka tabule plechu,  
 $D_{tp}$  [mm] – délka tabule plechu.

• Plocha jednoho pásku

$$S_{p1} = a \cdot b = 630 \cdot 30 = 18900 \text{ mm}^2 \rightarrow \underline{\underline{0,0189 \text{ m}^2}}$$

kde:  $b$  [mm] – šířka pásku,  
 $a$  [mm] – délka pásku,  
 $S_{p1}$  [mm<sup>2</sup>] – plocha pásku.

• Plocha jedné tabule plechu

$$S_{tp} = a \cdot b = 2000 \cdot 1000 = 2000000 \text{ mm}^2 \rightarrow \underline{\underline{2 \text{ m}^2}}$$

kde:  $S_{tp}$  [mm<sup>2</sup>] – plocha tabule plechu.

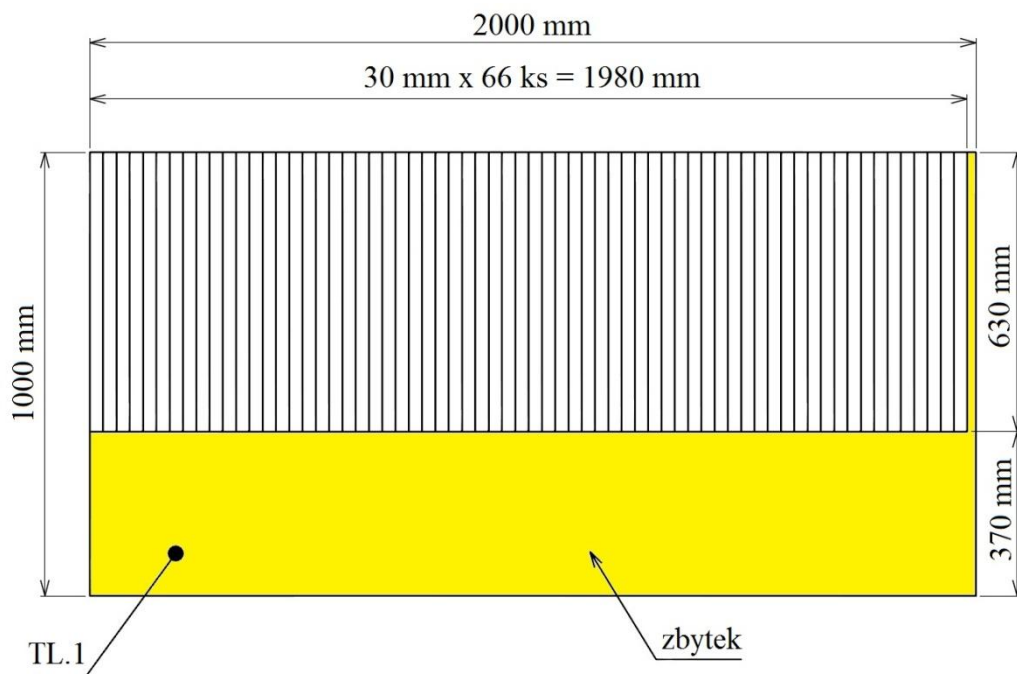
• Využití materiálu [3]

$$\eta = \frac{n_p \cdot S_{p1}}{S_{tp}} \cdot 100 = \frac{99 \cdot 0,0189}{2} \cdot 100 = \underline{\underline{93,6 \text{ \%}}}$$

kde:  $\eta$  [%] – využití materiálu.

Dle nástřihového plánu je nastřiháno 99 ks pásku s využitím tabule plechu 93,6%.

**arianta B** – Tabule plechu o rozměrech P1x1000x2000 mm. Pásky o rozměru 30 x 630 mm jsou uspořádány tak, že osa budoucího ohybu je kolmá na směr vláken u tabule plechu. Při výpočtu vycházíme z obrázku 5.6.



Obr. 5.6 Varianta B

- Počet pásku z tabule plechu

$$n_p = \frac{\check{S}_{tp}}{a} \cdot \frac{D_{tp}}{b} = \frac{1000}{630} \cdot \frac{2000}{30} \cong 1 \cdot 66 = \underline{\underline{66 \text{ ks}}}$$

- Plocha jednoho pásku

$$S_{p1} = a \cdot b = 630 \cdot 30 = 18\,900 \text{ mm}^2 \rightarrow \underline{\underline{0,0189 \text{ m}^2}}$$

- Plocha jedné tabule plechu

$$S_{tp} = 2000 \cdot 1000 = 2\,000\,000 \text{ mm}^2 = \underline{\underline{2 \text{ m}^2}}$$

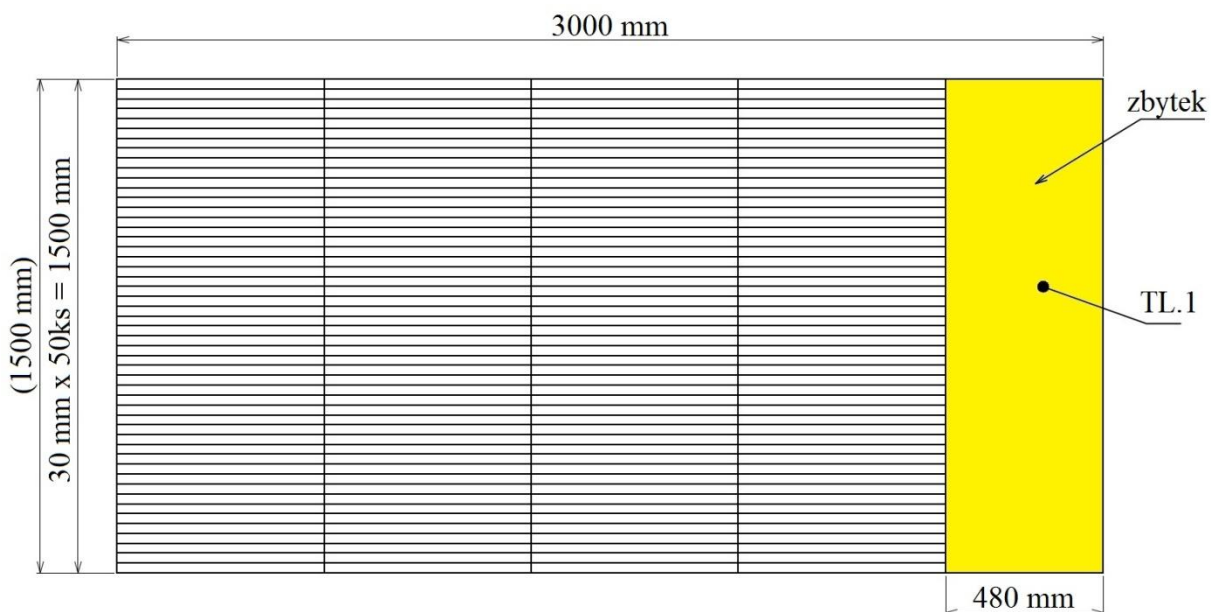
- Využití materiálu

$$\eta = \frac{n_p \cdot S_{p1}}{S_{tp}} \cdot 100 = \frac{66 \cdot 0,0189}{2} \cdot 100 = \underline{\underline{62,4 \%}}$$

Dle nástřihového plánu je nastříháno 66 ks pásku s využitím tabule plechu 93,6%.



**varianta C** – Tabule plechu o rozměrech P1x1500x3000 mm. Pásky o rozměru 30 x 630 mm jsou uspořádány tak, že osa budoucího ohybu je totožná se směry vláken u tabule plechu. Při výpočtu vycházíme z obrázku 5.7.



Obr. 5.7 Varianta C

- Počet pásku z tabule plechu

$$n_p = \frac{\check{S}_{tp}}{a} \cdot \frac{D_{tp}}{b} = \frac{1500}{30} \cdot \frac{3000}{630} \cong 50 \cdot 4 = \underline{\underline{200 \text{ ks}}}$$

- Plocha jednoho pásku

$$S_{p1} = a \cdot b = 630 \cdot 30 = 18\,900 \text{ mm}^2 \rightarrow \underline{\underline{0,0189 \text{ m}^2}}$$

- Plocha jedné tabule plechu

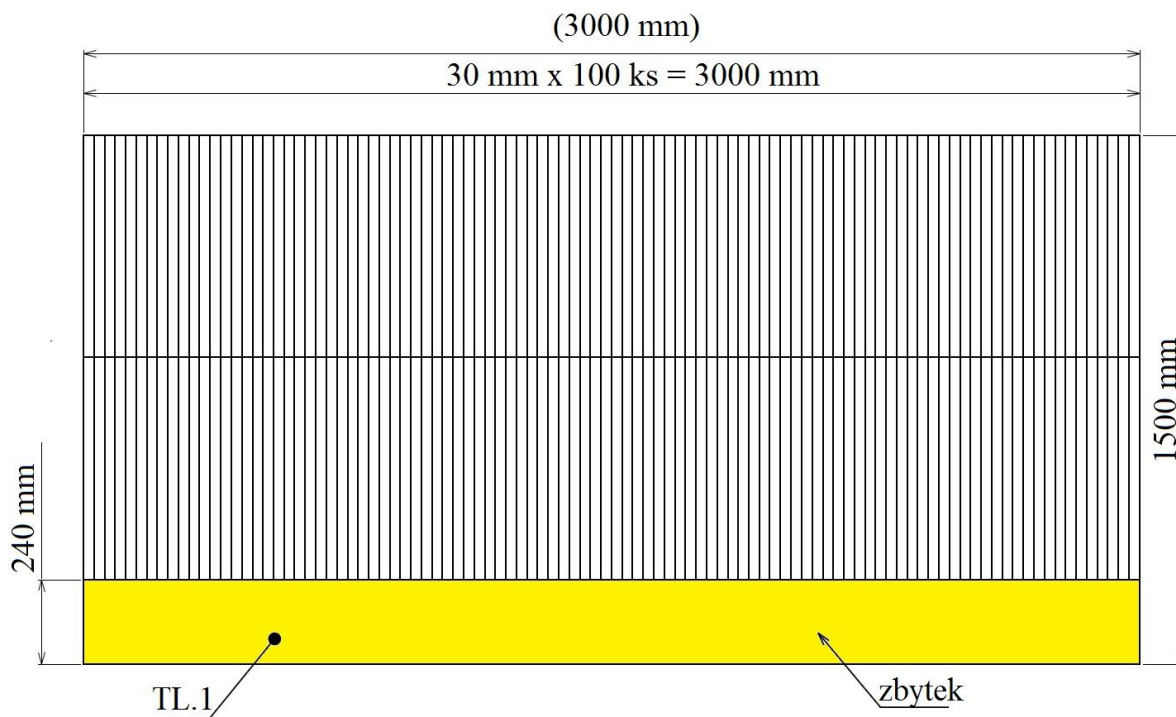
$$S_{tp} = a \cdot b = 3000 \cdot 1500 = 4\,500\,000 \text{ mm}^2 \rightarrow \underline{\underline{4,5 \text{ m}^2}}$$

- Využití materiálu

$$\eta = \frac{n_p \cdot S_{p1}}{S_{tp}} \cdot 100 = \frac{200 \cdot 0,0189}{4,5} \cdot 100 = \underline{\underline{84 \%}}$$

Dle nástříhového plánu je nastříháno 200 ks pásku s využitím tabule plechu 84%.

**varianta D** (obr. 5.8) – Tabule plechu o rozměrech P1x1500x3000 mm. Pásy o rozměru 30 x 630 mm jsou uspořádány tak, že osa budoucího ohybu je kolmá na směr vláken u tabule plechu. Tato varianta je výpočty naprosto totožná s variantou C.



Obr. 5.8 Varianta D

### **Vyhodnocení variant**

Po provedení čtyř variant nástřihového plánu je z hlediska využití materiálu nejvýhodnější varianta A. Tato varianta je provedena z tabule plechu tloušťky 1 mm. Bohužel uspořádání pásků neodpovídá zásadě, že osa ohybu nesmí být totožná se směrem vláken u materiálu. Jelikož lišta není v provozu zásadně namáhána a uspořádání dle varianty A je řadu let odzkoušeno není důvod ji měnit. Využití tabule plechu je 93,6%. Zbytek tabule je pak dále využit pro výrobu dalších součástí k provzdušňovacímu systému. Z tohoto důvodu lze říct, že odpad při této variantě je minimální. Další výhodou je úspora materiálu, která nastala změnou tloušťky plechu z 1,2 mm na 1 mm. Tabule plechu bude stříhána jako doposud na hydraulických tabulových nůžkách pro rozměr tabule (1000 x 2000 mm), které má výrobce k dispozici. Pro nástřihový plán byla navržena i varianta C a D s rozměry plechu P1-1500 x 3000 mm. Hlavní nevýhodou je, že výrobce nemá k dispozici tabulové nůžky pro rozměr 1500 x 3000 mm.

### 5.3 Vlastnosti materiálu těsnicí lišty [10],[18],[21]

Materiálem těsnicí lišty je korozivzdorná ocel 17 240. Jedná se o chrom-niklovou ocel, která je nemagnetická. Má sklon ke zpevňování za studena, obrobitelnost je obtížná. U profilu s větší tloušťkou průřezu se může vyskytovat částečná magnetovatelnost v oblasti jádra profilu to je způsobené zbytkovým martenzitem z vysokých teplot při výrobě a lze odstranit žháním. Korozivzdorná ocel je náchylná k mezikrystalové korozi, která vzniká např. při svařování. Využití je v potravinářském průmyslu ve zdravotnictví, vodáren a zařízení pro čističky odpadních vod. Mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 2, chemické složení uvádí tabulka 3.

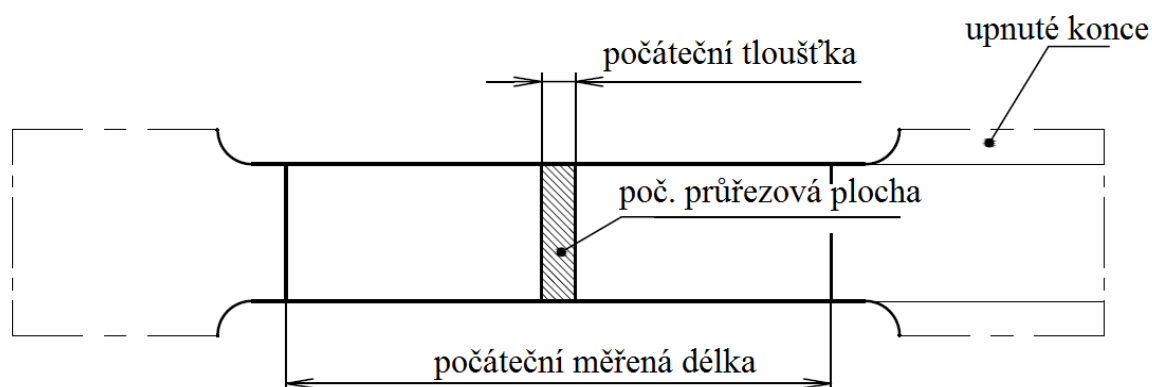
Tab. 2 Mechanické vlastnosti materiálu [18]

OZNAČENÍ				MECHANICKÉ VLASTNOSTI		
Převody norem				Mez pevnosti	Mez kluzu	Tažnost
DIN	AISI	ČSN	EN	R <sub>m</sub> [Mpa]	R <sub>e</sub> [Mpa]	A [50%]
1.4301	304	17240	X5CrNi18-10	550-750	220	45

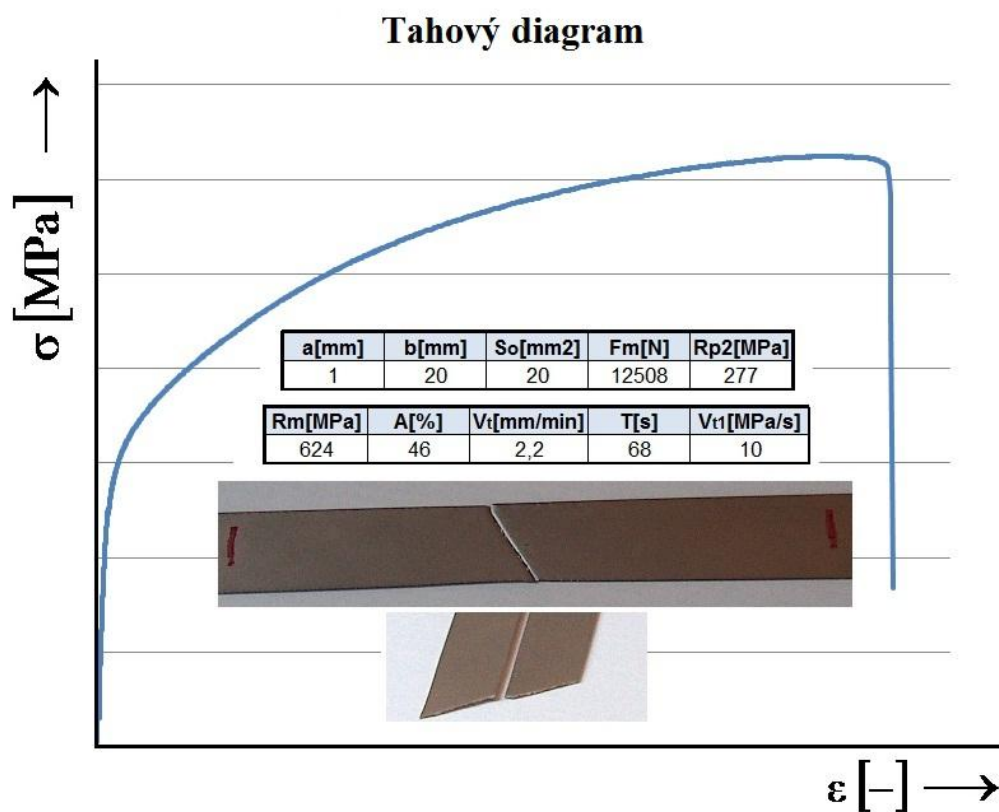
Tab. 3 Chemické složení [21]

OZNAČENÍ				CHEMICKÉ SLOŽENÍ						
Převody norem				C<	Si<	Mn<	P<	S<	Cr	Ni
DIN	AISI	ČSN	EN							
1.4301	304	17240	X5CrNi18-10	0,07	1,0	2,0	0,04	0,03	17,0 - 20,0	9,0 - 11,5

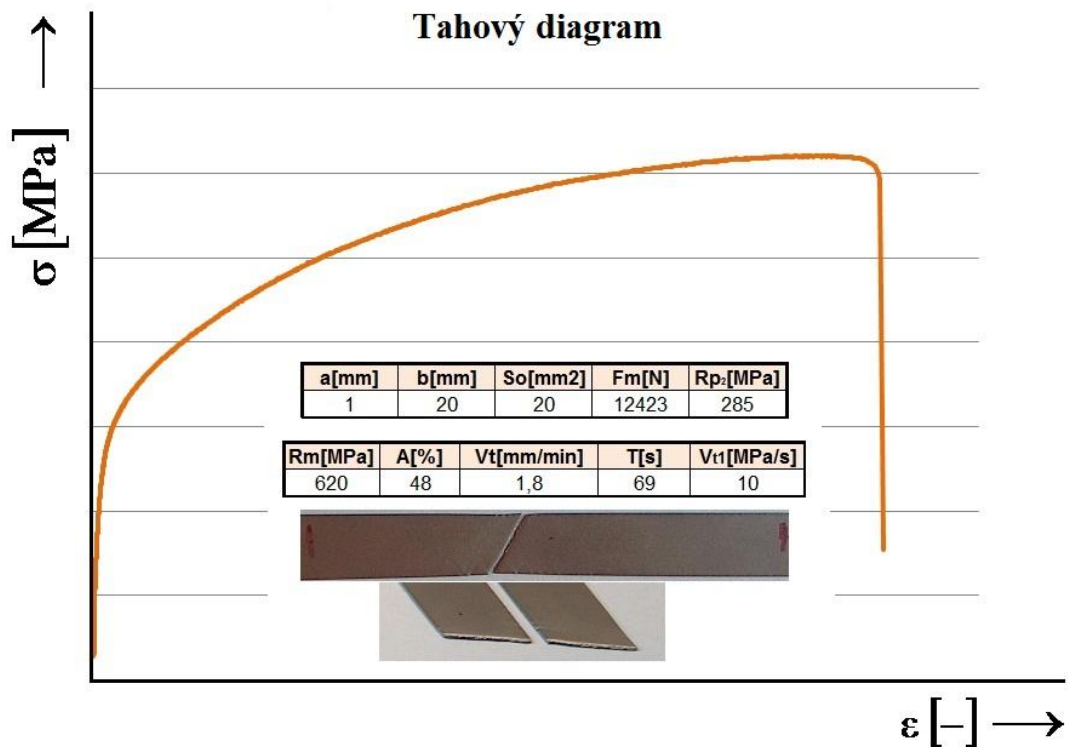
Pro materiál 17 240 tloušťky 1 mm byla provedena dle normy ČSN EN ISO 6892-1 trhací zkouška. Zkušební těleso je uvedeno na obr. 5.9. Zkoušené byly pásky o rozměrech 20 x 280 mm s počáteční měřenou délkou 80 mm, které byly nastříhány kolmo (3 kusy) a také podélně (3 kusy) na směr vláken. Ze tří odzkoušených vzorků pro podélný a kolmý směr byl zvolen od každého jeden. Průběh trhací zkoušky je patrný z obrázku 5.10 a 5.11.



Obr. 5.9 Zkušební těleso dle normy ČSN EN ISO 6892-1



Obr. 5.10 Zkušební těleso s příčnými vlákny



Obr. 5.11 Zkušební těles s podélnými vlákny

## 6 VÝPOČTY

Výpočty jsou důležité pro návrh a kontrolu důležitých částí nástroje a správnou volbu stroje. Výpočty budou provedeny nejdříve pro stříhání následně pro ohýbání.

### 6.1 Výpočty funkční části nástroje

#### Výpočet střížné vůle

K výpočtu bude použit vzorec (2.1) podkapitoly 2.1.

$$m = \frac{v}{2} = c \cdot s \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} = 0,01 \cdot 1 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{480} = \underline{\underline{0,08 \text{ mm}}}$$

#### Výpočet střížné síly a práce

K výpočtu **střížné síly** bude použit vzorec (2.2) podkapitoly 2.2.

Střížník Ø 5,3 mm

$$F_{SK1} = n \cdot l \cdot s \cdot \tau_s = 1,2 \cdot \pi \cdot 5,3 \cdot 1 \cdot 480 = \underline{\underline{9590,65 \text{ N}}}$$

kde:  $F_{SK1}$  [N] – střížná síla kruhového střížníku,

$l$  - obvod  $\pi \cdot d$ ,

$n$  - součinitel otupení byl zvolen 1,2 ,

$\tau_s = 0,8 \cdot R_m \rightarrow$  pro  $R_m$  zvolena hodnota 600 MPa.

Střížník tvarový

$$F_{ST2} = n \cdot l \cdot s \cdot \tau_s = 1,2 \cdot 35,76 \cdot 1 \cdot 480 = \underline{\underline{20597,76 \text{ N}}}$$

kde:  $F_{ST1}$  [N] – střížná síla tvarového střížníku,

$l$  - délka střížné plochy.

Celková střížná síla (Střížný nástroj bude obsahovat pět střížníků o průměru 5,3 mm a dva tvarové střížníky, tento počet musí být zahrnut v celkové střížné síle, následně je přičtená síla pružiny kruhového a tvarového střížníku). Na základě výpočtu střížné síly bude zvolen stroj s vyhovující jmenovitou silou. Pro hydraulický lis CUPS 25 D vyhovuje.

$$F_{SC1} = 5 \cdot F_{SK1} + 2 \cdot F_{ST2} = (5 \cdot 9590,65) + (2 \cdot 20597,76) = 89148,77 \text{ N}$$

$$F_{SC} = F_{SC1} + F_{PK} + F_{PT} = 89148,15 + (5 \cdot 2773) + (2 \cdot 1200) = 105413,15 \text{ N} = \underline{\underline{105,41 \text{ kN}}}$$

kde:  $F_{PK}$  [N] – síla pružiny kruhového střížníku,

$F_{PT}$  [N] – síla pružiny tvarového střížníku.

K výpočtu **střížné práce** bude použit vzorec (2.3) podkapitoly 2.2.

$$A_S = \lambda \cdot F_{S_{\max}} \cdot s = 0,6 \cdot 105413,15 \cdot 1 = 63247,89 \text{ J} \rightarrow \underline{\underline{63,25 \text{ kJ}}}$$

#### Výpočet stírací síly [1]

Pokud nedochází k samovolnému oddělování odpadu od střížníku, je nutné vypočítat stírací sílu.

$$F_{ST} = c_1 \cdot F_{SC} \text{ [N]}, \tag{6.1}$$

kde:  $F_{ST}$  [N] – stírací síla,

$c_1$  [-] – součinitel stírání viz. tabulka 4.

- kruhový střížník Ø 5,3 mm

$$F_{ST} = c_1 \cdot F_{SK1} = 0,12 \cdot 9590,65 = \underline{\underline{1150,89 \text{ N}}}$$

- tvarový střížník

$$F_{ST} = c_1 \cdot F_{ST2} = 0,05 \cdot 20597,76 = \underline{\underline{1029,89 \text{ N}}}$$

Tab. 4 Hodnoty koeficientu [1]

Druh materiálu a jeho tloušťka	C <sub>1</sub>
Ocel do 1 mm	0,02-0,12
1-5 mm	0,06-0,16
Nad 5 mm	0,06-0,07

#### Kontrola střížníku na otláčení [15]

Výpočet spočívá na kontrole namáhání dosedací plochy střížníku v kotevní desce. Po překročení dovoleného napětí je nutné použít kalenou opěrnou vložku.

$$\sigma_{TL} = \frac{F_s}{S} \leq \sigma_{DOV} \text{ [MPa]}, \quad (6.2)$$

kde: S [mm] – plocha průřezu střížníku,

$\sigma_{TL}$  [MPa] – namáhání v talku,

$\sigma_{DOV}$  [MPa] – dovolené namáhání (180 MPa).

- Střížník Ø 5,3 mm s opěrnou plochou pr. 20 mm

$$\sigma_{TL} = \frac{F_{SK1}}{S} = \frac{9590,65}{314,16} = \underline{\underline{30,5 \text{ MPa}}}$$

- Tvarový střížník

$$\sigma_{TL} = \frac{F_{ST1}}{S} = \frac{20597,76}{670,62} = \underline{\underline{30,7 \text{ MPa}}}$$

Z výpočtu vyplývá, že u střížníku o průměru 5,3 mm a tvarového střížníku nebylo překročené dovolené napětí a není tedy nutné použít kalenou opěrnou vložku.

#### Kontrola střížníku na vzpěr [15]

Kontrolovat se bude střížník s nejmenším průřezem. Výpočet se provádí z důvodu, že dlouhé a slabé střížníky mohou vybočit z osy a tomu je nutné zabránit.

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{n \cdot d \cdot s \cdot \tau_s}} \text{ [mm]}, \quad (6.3)$$

kde:  $l_{krit}$  [mm] – kritická délka,

I [mm<sup>4</sup>] – moment setrvačnosti v průřezu,

n [-] – koeficient bezpečnosti (1,5 ÷ 2),

d [mm] – průměr střížníku.

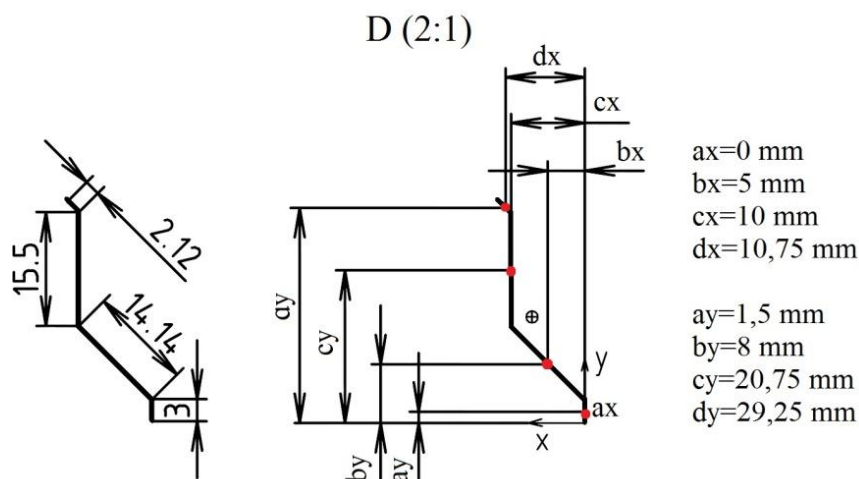
$$l_{krit} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{n \cdot d \cdot s \cdot \tau_s}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 38,73}{1,75 \cdot 5,3 \cdot 1 \cdot 480}} = \underline{\underline{189,90 \text{ mm}}}$$

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 5,3^4}{64} = \underline{\underline{38,73 \text{ mm}^4}}$$

Kritická délka střížníku nebyla překročena, kontrola na vzpěr tedy vyhovuje.

## 6.2 Určení těžiště střížných sil

Pro výpočet těžiště celkové výsledné síly je nutné vycházet z výpočtu střížných sil jednotlivých střížníků a souřadnic těžiště, ve kterých tyto síly působí. Těžiště pro sílu  $F_{s1}$  a  $F_{s7}$  je uvedeno na obrázku 6.1.



Obr. 6.1 určení těžiště  $F_{s1}$  a  $F_{s7}$

$$X_T = \frac{l_i \cdot \sum x_{Ti}}{\sum l_i} \quad [\text{mm}], \quad (6.4)$$

$$Y_T = \frac{l_i \cdot \sum y_{Ti}}{\sum l_i} \quad [\text{mm}], \quad (6.5)$$

kde:  $X_T$  [mm] – vzdálenost výslednice sil od osy Y,  
 $Y_T$  [mm] – vzdálenost výslednice sil od osy X,  
 $l_i$  [mm] – délka ramene.

$$X_T = \frac{3 \cdot a_x + 14,14 \cdot b_x + 15,5 \cdot c_x + 2,12 \cdot d_x}{3 + 14,14 + 15,5 + 2,12}$$

$$X_T = \frac{3 \cdot 0 + 14,14 \cdot 5 + 15,5 \cdot 10 + 2,12 \cdot 10,75}{34,76} = \frac{248,49}{34,76} = \underline{\underline{7,15 \text{ mm}}}$$

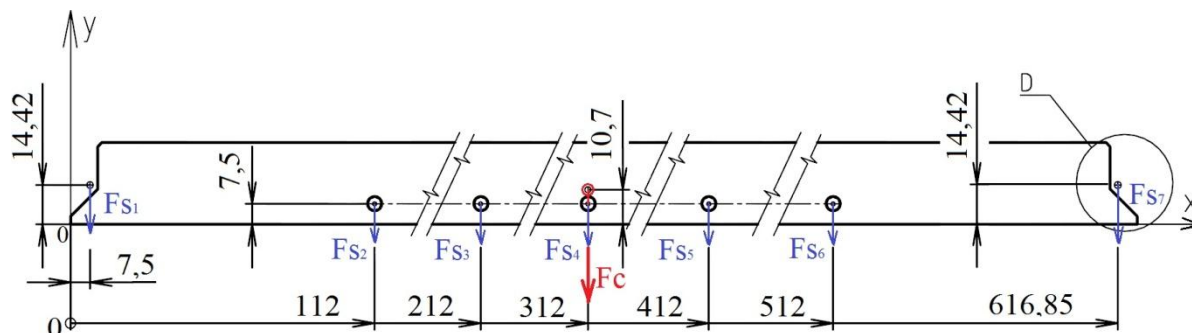
$$Y_T = \frac{3 \cdot a_y + 14,4 \cdot b_y + 15,5 \cdot c_y + 2,12 \cdot d_y}{3 + 14,14 + 15,5 + 2,12}$$

$$Y_T = \frac{3 \cdot 1,5 + 14,14 \cdot 8 + 15,5 \cdot 20,75 + 2,12 \cdot 29,25}{34,76} = \frac{501,25}{34,76} = \underline{\underline{14,42 \text{ mm}}}$$

Souřadnice těžiště pro sílu  $F_{s7}$   $T[X_T, Y_T] = [7,5 ; 14,42]$

Souřadnice těžiště pro sílu  $F_{s1}$   $T[X_T, Y_T] = [616,85 ; 14,42]$

Těžiště pěti otvorů společně s vypočítanými souřadnicemi výsledné celkové síly je uvedeno na obrázku 6.2.



Obr. 6.2 Souřadnice těžiště jednotlivých sil

Souřadnice těžiště pro kruhové otvory průměru 5,3 mm

$$F_{s2} = [112; 7,5], F_{s3} = [212; 7,5], F_{s4} = [312; 7,5], F_{s5} = [412; 7,5], F_{s6} = [512; 7,5]$$

$$F_{s2}, F_{s3}, F_{s4}, F_{s5}, F_{s6} = F_{ST1} = 9\,590,65 \text{ N}$$

$$F_{s1}, F_{s7} = 20\,597,76 \text{ N}$$

$$X_T = \frac{F_{s1} \cdot x_1 + F_{s2} \cdot x_2 + F_{s3} \cdot x_3 + F_{s4} \cdot x_4 + F_{s5} \cdot x_5 + F_{s6} \cdot x_6 + F_{s7} \cdot x_7}{F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} + F_{s4} + F_{s5} + F_{s6} + F_{s7}} \text{ [mm]}, \quad (6,6)$$

$$X_T = \frac{20\,597,76 \cdot 7,15 + 9\,590,65 \cdot 112 + 9\,590,65 \cdot 212 + 9\,590,65 \cdot 312 + 9\,590,65 \cdot 412 + 9\,590,65 \cdot 512 + 20\,597,76 \cdot 616,85}{20\,597,76 + (5 \cdot 9\,590,65) + 20\,597,76} = \frac{27\,814\,416,24}{89\,148,77} = \underline{\underline{312 \text{ mm}}}$$

$$Y_T = \frac{F_{s1} \cdot y_1 + F_{s2} \cdot y_2 + F_{s3} \cdot y_3 + F_{s4} \cdot y_4 + F_{s5} \cdot y_5 + F_{s6} \cdot y_6 + F_{s7} \cdot y_7}{F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} + F_{s4} + F_{s5} + F_{s6} + F_{s7}} \text{ [mm]}, \quad (6,7)$$

$$Y_T = \frac{20\,597,76 \cdot 14,42 + (9\,590,65 \cdot 7,5) \cdot 5 + 20\,597,76 \cdot 14,42}{20\,597,76 + (5 \cdot 9\,590,65) + 20\,597,76}$$

$$Y_T = \frac{953\,688,77}{89\,148,77} = \underline{\underline{10,7 \text{ mm}}}$$

$$\text{Souřadnice těžiště celkové síly } F_c = [X_T, Y_T] = [312 ; 10,7]$$



### 6.3 Popis návrhu střížného nástroje

Stříhací nástroj je navržen pro prostřížení pěti otvorů průměr 5,3 mm a současného ostřížení tvaru obou okrajů na polotovaru těsnicí lišty v jedné operaci.

Pro prostřížení otvorů průměr 5,3 mm je navrženo využití pěti komerčně dodávaných děrovacích jednotek. Každá tato jednotka sestává z C-stojánku, dílů pro uložení a vedení střížníku, odpruženého přidržovače, vlastního střížníku a střížnice.

Střížnice je navržena z nástrojové oceli 19 436 zakalené a popuštěné na tvrdost 60 HRC. Nominální střížná vůle mezi střížníkem a střížnicí je pro plech tloušťky 1 mm z korozivzdorné oceli 17 240 navržena 0,08 mm. Střížnice je uložena a zajištěna ve spodní části C-stojánku. Součástí je otvor a šikmá plocha pod střížnicí pro vypadávání výstřížků. Střížník je rovněž navržen z nástrojové oceli 19 436 zakalené a popuštěné na tvrdost 62 HRC. Na horní část střížníku jsou prostřednictvím příruby a šroubů upevněny kruhové opěrné desky s horní kulovou plochou pro přenos síly od tlačného hranolu upevněného na beranu hydraulického lisu. V horním rameni C-stojánku je posuvně uložen přidržovač a v jeho vnitřním otvoru je rovněž posuvně uložen střížník. Sestava přidržovače a střížníku je oproti hornímu rameni C-stojánku odpružena pružinou dimenzovanou na nadzvednutí hmotnosti sestavy přidržovače a střížníku a dotlačení této sestavy k tlačnému hranolu. Na spodním čele přidržovače je nasunuta opěrná podložka, která je navržena ze stejného materiálu, jako je materiál polotovaru těsnicí lišty, tj. z oceli 17 240, aby nedocházelo k otiskování přidržovače na povrch polotovaru. Středový otvor v opěrné podložce je navržen s nominální vůlí 0,2 mm vůči obvodu střížníku s cílem zabránit nadzvednutí materiálu v okolí prostříženého otvoru při vytahování razníku.

Střížník a přidržovač jsou vůči sobě odpruženy sestavou 12 ks talířových pružin, které jsou vůči střížníku středěny středícími vložkami. Při pohybu sestavy přidržovače a střížníku směrem dolů, dosedne na stříhaný materiál nejdříve přidržovač. Při dalším pohybu střížníku dolů je přidržovač na materiál dotlačován prostřednictvím talířových pružin. Síla od talířových pružin působící na přidržovač při navrhovaném zdvihu střížníku 3 mm od dosednutí přidržovače na stříhaný materiál po jeho spodní polohu po prostřížení, je v rozmezí od 0,00 do 2773 N. V počátku prostřihování, které odpovídá zdvihu střížníku vůči přidržovači 1,5 mm, je síla od talířových pružin působící na přidržovač zhruba poloviční, tj. 1387 N. Po prostřížení otvoru, při zpětném pohybu střížníku nahoru, působí přidržovač jako stěrač a síla od talířových pružin působící na přidržovač se mění na sílu pro setření prostříženého materiálu ze střížníku. Tato síla je v rozmezí zdvihu střížníku od jeho spodní polohy po opuštění prostříženého materiálu od 2773 do 1387 N. Přesah zdvihu střížníku za prostřihovaný materiál po prostřížení je navržen 0,5 mm. K vymezení polohy každé děrovací jednotky na základové desce celého nástroje je navržen kolík s osou shodnou s osou střížnice.

Pro prostřížení tvaru obou okrajů polotovaru těsnicí lišty jsou navrženy dvě zrcadlově uspořádané ostřihovací jednotky. Každá tato jednotka sestává ze spodní pevné části se střížnicí, horní pohyblivé části se střížníkem a dílů pro odpružení horní části.

Střížník je navržen z nástrojové oceli 19 436 zakalené a popuštěné na tvrdost 62 HRC. Průřez střížníku odpovídá požadovanému tvaru okraje polotovaru těsnicí lišty s tím, že tento zahrnuje i odlehčení pro lištu ve spodní části jednotky, určenou pro polohování polotovaru k ostřížení v bočním směru. K vlastnímu stříhání je u střížníku určena pouze jedna tvarová hrana. Z tohoto důvodu je střížník ve spodní části navržen s výstupkem, který již bude v době vlastního stříhu zasunut v otvoru ve střížnici u strany protilehlé ke střížné hraně. Výstupek střížníku je navržen pro zachycení boční síly, která při stříhu odtlačuje střížník ve směru od střížné hrany k protilehlé straně otvoru ve střížnici. V horní části jednotky je střížník

podepřen opěrnou vložkou z nástrojové oceli 19 312 zakalené a popuštěné na tvrdost 58 HRC, ke které je přišroubován. Přenos síly od tlačného hranolu, upevněného na beranu hydraulického lisu, na střížník, je navržen přes desku se zaoblenou horní plochou s vrcholem umístěným svisle nad těžištěm střížných sil. K bočnímu držení střížníku v rámci horní části jednotky je navržena kotevní deska s tvarovým otvorem pro střížník. Tato deska je současně určena pro stlačování dvou pružin navržených pro zvedání horní části jednotky po provedeném stříhu a k jejímu dotlačení k tlačnému hranolu na beranu hydraulického lisu. Všechny díly horní části jednotky jsou vzájemně spojeny šroubovými spoji.

Střížnice je navržena z nástrojové oceli 19 436 zakalené a popuštěné na tvrdost 60 HRC. Šroubovými spoji je stažena mezi podkládací a vodící deskou spodní části jednotky. V podkládací desce je pod pracovním otvorem střížnice navržen otvor se šikmou spodní plochou pro vypadávání odstřížků. Vodící deska nad střížnicí s tvarovým otvorem pro střížník je navržena pro vedení střížníku vůči střížnici s uložením H7/h6. Vodící deska je současně navržena pro uložení dvou pružin pro zvedání horní části jednotky. Mezi vodící deskou a střížnicí je uložena lišta, určená pro polohování polotovaru k ostřížení v bočním směru a kolík, který je určen pro polohování polotovaru ve směru předozadním. Pro neměnnost vzájemné polohy všech dílů spodní části jednotky a současně k vymezení její polohy na základové desce celého nástroje jsou navrženy dva kolíky. Mezera mezi střížnicí a vodící deskou je určena k uložení polotovaru pro ostřížení. Spodní plocha vodící desky současně zajišťuje přidržení konce ostříženého polotovaru při pohybu střížníku směrem nahoru. K navedení polotovaru do nástroje je kromě lišty pro polohování, navržen podpěrný plech, který je k této liště přišroubován.

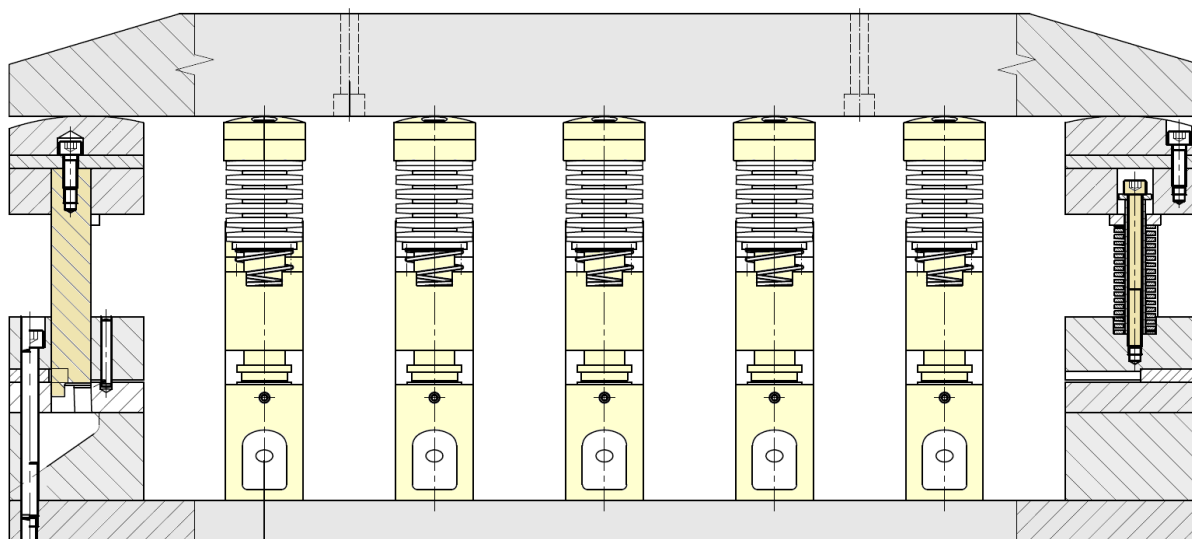
Pro zvedání horní části jednotky směrem nahoru po provedeném stříhu, setření ostříženého polotovaru a jejímu dotlačení k tlačnému hranolu na beranu lisu jsou navrženy dvě pružiny na spodní části jednotky, které jsou při pohybu horní části jednotky směrem dolů stlačovány. Obě pružiny jsou ve výchozím stavu předepnuty prostřednictvím rozpěrné trubky a šroubu. Horní část jednotky působí na pružiny prostřednictvím podložek.

Kromě překonání vlastní hmotnosti horní části jednotky a třecí síly ve vedení střížníku, zajišťuje síla pružin zejména setření ostříženého polotovaru ze střížníku, při zpětném pohybu střížníku nahoru. Při zpětném zdvihu střížníku, ve vzdálenosti 2 mm od jeho spodní polohy po ostřížení, po opuštění ostříženého materiálu je síla, vyvozená současně oběma pružinami navržena v rozmezí od 1200 do 1104 N. Přesah zdvihu střížníku za prostřihovaný materiál po ostřížení, je navržen 0,5 mm. Při stírání je pak dále k tloušťce materiálu 1 mm připočtena vůle 0,5 mm v základací mezeře nástroje.

Děrovací jednotky a ostříhovací jednotky jsou přišroubovány k základové desce navržené z konstrukční oceli 11 523. Jejich polohy na základové desce odpovídají požadovaným polohám otvorů průměr 5,3 a požadovaným polohám a tvarům okrajů na polotovaru těsnicí lišty. Pro jednoznačné vymezení polohy děrovacích a ostříhovacích jednotek na základové desce jsou navrženy kolíky.

Na stůl hydraulického lisu se základová deska s děrovacími a ostříhovacími jednotkami upíná prostřednictvím upínek, podkládacích hranolů a šroubů s T-maticemi zasunutými do T- drážek ve stole lisu. K přenosu svislé síly od beranu hydraulického lisu současně na děrovací a ostříhovací jednotky je navržen tlačný hranol z oceli 11 523. Tlačný hranol je navržen se dvěma otvory pro šrouby pro jeho uchycení k desce se závitovými otvory, která je součástí univerzálního upínače na beranu hydraulického lisu, který výrobce lišty používá. Instalace stříhacího nástroje v pracovním prostoru hydraulického lisu je navržena tak, že se tlačný hranol současně opírá o horní opěrné plochy děrovacích a ostříhovacích jednotek.

Délky střížníků a rozměry souvisejících dílů u všech jednotek jsou navrženy tak, aby vlastní stříhání polotovaru na střížných hranách střížníků, bylo při pohybu beranu hydraulického lisu směrem dolů zahájeno téměř současně. Tomuto požadavku odpovídá rovněž návrh rozměrů všech střížnic včetně rozměrů souvisejících dílů. Ukázka sestavy střížného nástroje je na obrázku 6.3.



Obr. 6.3 Sestava střížného nástroje

## 6.4 Výpočty ohýbací části nástroje

### Výpočet velikosti odpružení

Pro výpočet velikosti odpružení do tvaru V ( pro každý ohyb zvlášť) se vychází ze vzorce (3.4) z podkapitoly 3.1.

$$\operatorname{tg} \beta_{90^\circ} = 0,375 \cdot \frac{l_v}{k \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E} = 0,375 \cdot \frac{12,8}{0,555 \cdot 1} \cdot \frac{225}{2,1 \cdot 10^5} = 0,00926 \rightarrow \beta = 0,5309 = \underline{\underline{0^\circ 32'}}$$

$$\operatorname{tg} \beta_{24^\circ} = 0,375 \cdot \frac{l_v}{k \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E} = 0,375 \cdot \frac{13}{0,555 \cdot 1} \cdot \frac{225}{2,1 \cdot 10^5} = 0,00941 \rightarrow \beta = 0,5392 = \underline{\underline{0^\circ 32'}}$$

$$\operatorname{tg} \beta_{45^\circ} = 0,375 \cdot \frac{l_v}{k \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E} = 0,375 \cdot \frac{8}{0,555 \cdot 1} \cdot \frac{225}{2,1 \cdot 10^5} = 0,00579 \rightarrow \beta = 0,3318 = \underline{\underline{0^\circ 20'}}$$

Při konstrukci ohýbacího nástroje bude na odpružení brát ohled z výše uvedených výpočtů.

### Výpočet $R_{\min}$ a $R_{\max}$

Pro stanovení  $R_{\min}$  a  $R_{\max}$  bude použit vzorec (3.6), (3.7) z podkapitoly 3.2.

$$R_{\min} = c \cdot s = 0,6 \cdot 1 = \underline{\underline{0,6 \text{ mm}}}$$

$$R_{\max} = \frac{s}{2} \cdot \left( \frac{E}{R_e} - 1 \right) = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{2,1 \cdot 10^5}{225} - 1 \right) = \underline{\underline{466,17 \text{ mm}}}$$

Výpočet minimálního poloměru vyhovuje (těsnící lišta má všechny poloměry R2).

### Výpočet ohýbací síly a práce [2]

Pro výpočet ohýbací síly se vychází ze vzorce 3.1 z kapitoly 3. Podle tvaru těsnící lišty se předpokládá, že se jedná o ohyb tvaru V.

Ohýbací síla tvar V

$$Fv_1 = \frac{b \cdot s^2 R_e}{2 \cdot R_1} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{604 \cdot 1^2 \cdot 225}{2 \cdot 2} \cdot \operatorname{tg} \frac{45^\circ}{2} = \underline{\underline{14072,91 \text{ N}}}$$

$$Fv_2 = \frac{b \cdot s^2 R_e}{2 \cdot R_2} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{604 \cdot 1^2 \cdot 225}{2 \cdot 2} \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ}{2} = \underline{\underline{33975 \text{ N}}}$$

$$Fv_3 = \frac{b \cdot s^2 R_e}{2 \cdot R_3} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{614,98 \cdot 1^2 \cdot 225}{2 \cdot 2} \cdot \operatorname{tg} \frac{24^\circ}{2} = \underline{\underline{7352,89 \text{ N}}}$$

$$Fv_c = Fv_1 + Fv_2 + Fv_3 = 14072,91 + 33975 + 7352,89 = \underline{\underline{55400,8 \text{ N}}} \cong \underline{\underline{55,4 \text{ kN}}}$$

Vypočítaná střížná síla pro hydraulický lis CUPS 25 D vyhovuje.

$$A_o = F_{vc} \cdot h \cdot \psi = 55400,8 \cdot 6,41 \cdot 0,6 = 213071,48 \text{ J} \rightarrow \underline{\underline{213,1 \text{ kJ}}} \quad (6.8)$$

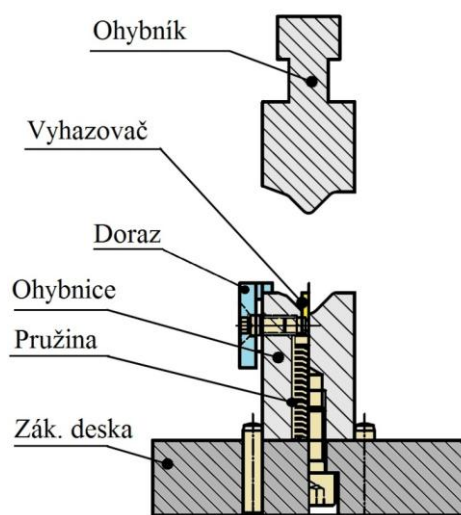
kde:  $A_o$  [J] – ohybová práce,

$h$  [mm] – dráha ohybník

$\psi$  [-] - součinitel plnosti diagramu (0,5 až 0,65).

## 6.5 Popis návrhu ohýbacího nástroje

Nástroj (obr. 6.4) je navržen pro provedení všech tří podélných ohybů na těsnicí liště v jedné operaci. Horní díl nástroje – ohybník má svoji upínací část navrženu pro upínání do univerzálního upínače na beranu hydraulického lisu, který výrobce lišty používá pro rychlou výměnu nástrojů na tomto lise. Vlastní pracovní tvary ohybníku a spodního dílu nástroje - ohybnice jsou navrženy pro tloušťku materiálu 1 mm se započítáním odpružení materiálu pro jednotlivé ohyby. Na nástroji jsou proto ohyby  $24^\circ$  a  $90^\circ$  zvětšeny o  $0,5^\circ$  a ohyb  $45^\circ$  je zvětšen o  $0,25^\circ$ . Ohybník, stejně jako ohybnice jsou navrženy z nástrojové oceli 19 312 zakalené a popuštěné na tvrdost 58 HRC. Výlisky těsnicí lišty, se vyrábí výhradně z korozivzdorné oceli 17 240. Tato ocel způsobuje na pracovních plochách nástrojů intenzivní opotřebení otěrem. Uvedená volba materiálu ohybníku a ohybnice a jeho tepelné zpracování na uvedenou tvrdost, má proto za cíl dosáhnout co nejdelší životnosti nástroje. Ohybnice je čtyřmi šrouby připevněna k základové desce. Základová deska je navržena z konstrukční oceli 11 523. Na stůl hydraulického lisu se ohybnice se základovou deskou upínají prostřednictvím upínek, podkládacích hranolů a šroubů s T-maticemi, zasunutými do T-drážek ve stolu lisu. Polotovar lišty před ohnutím se zakládá na vodorovné plochy ohybnice do prostoru vymezeného v podélném i příčném směru dorazy. Dorazy jsou připevněny šrouby na koncích ohybnice a jejich poloha vůči pracovnímu tvaru nástroje v předozadním směru, lze upravit změnou tloušťky podložek mezi dorazem a ohybnicí. Aby bylo zabráněno posuvu polotovaru v nástroji během svislého pohybu ohybníku vůči ohybnici, jsou v tělese ohybnice navrženy čtyři odpružené přidržovače, působící v rovině, která půlí nejnižší umístěný ohýbací břit ohybníku. Při pohybu ohybníku dolů, směrem k ohybnici, tak bude polotovar od prvního kontaktu s ohybníkem, až do jeho konečného vytvarování mezi ohybníkem a ohybnicí, pomocí přidržovačů dotlačován na ohybník, což je důležité zejména v počáteční fázi ohýbání. Po provedení ohybů, při zpětném pohybu ohybníku směrem nahoru, působí přidržovače jako vyhazovače, nadzvednou výlisek lišty v ohybnici a usnadní tak jeho ruční vyjmutí z nástroje. Síla, vyvozená jedním přidržovačem (vyhazovačem) je navržena v rozmezí jeho horní a spodní polohy od 25,50 do 80,33 N. Přidržovače (vyhazovače) jsou ze stejného důvodu jako u ohybníku a ohybnice, navrženy z nástrojové oceli 19 421 zakalené a popuštěné na tvrdost 58 HRC.



Obr. 6.4 Ohýbací nástroj

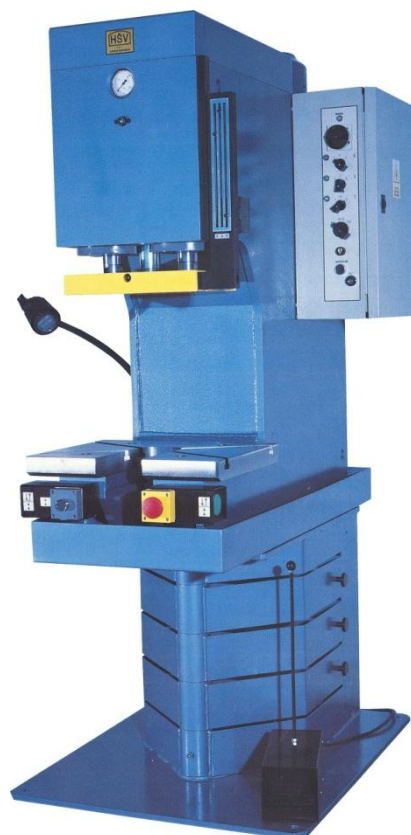
## 6.6 Volba stroje [9]

Pro výrobu těsnící lišty bude použit hydraulický lis CUPS 25 D (obr. 6.5). K určení vhodného lisu je zapotřebí vycházet z výsledku sřížné síly a ohýbací síly. Jmenovitá síla lisu musí být větší než výsledná sřížná nebo ohýbací síla. Hydraulický lis CUPS 25 D je využíván výrobcem na řadu výrobků včetně těsnící lišty, proto není potřeba lis měnit. Technické parametry udává tabulka 5, rozměry lisu jsou patrné z obrázku 6.6.

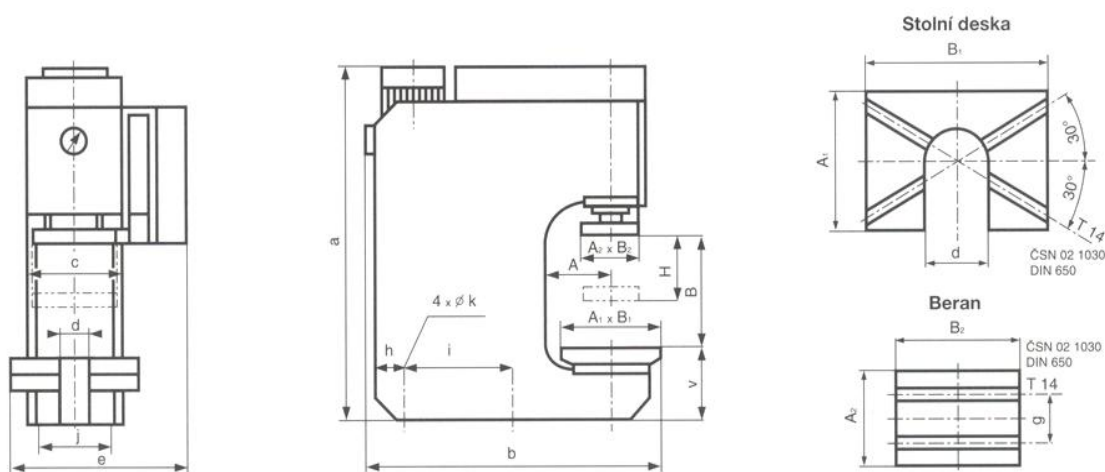
Tab. 5 Technické parametry [9]

Jmenovitá síla	kN	250
Výkon	kW	5,5
Rychlost beranu	↓ mm/s	25/16/9
	↑ mm/s	40/26/14
	↕ mm/s	85/55/30
Rozevření - B	mm	400
Zdvih beranu max. - H	mm	250
Vyložení - A	mm	250
Stolní deska - A <sub>1</sub> x B <sub>1</sub>	mm	400 x 500
Beran - A <sub>2</sub> x B <sub>2</sub>	mm	250 x 350

Jmenovitý tlak	MPa	20
Pojišťovací tlak	MPa	21
Výška - a	mm	1350
Hloubka - b	mm	1280
Šířka stojanu - c	mm	380
Propad ve stole - d	mm	120
Šířka lisu - e	mm	760
Výška stolu - v	mm	260
Hmotnost	mm	940
Objem nádrže	dm <sup>3</sup>	85



Obr. 6.5 CUPS 25D [9]



Obr. 6.6 Rozměry lisu CUPS 25 D [9]

## 7 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Na základě získaných informací o současném stavu těsnicí lišty byla navržena nová technologie pro výrobu. Vyráběná série za rok je 22 000 ks, proto nejvýhodnějším polotovarem zůstává tabule plechu. Nejvýhodnější variantou nástřihového plánu byla zvolena varianta A (obr. 5.5), kde celkový počet pásků z jedné tabule plechu je 99 ks, tedy o 9 ks více než v současné výrobě. Rozvinutá délka lišty je 32,8 mm po optimalizaci tvaru lišty je rozvinutá délka o 2,8 mm kratší, čímž dojde k úspoře materiálu. Dále dojde ke snížení ceny za tabuli plechu z hlediska změny tloušťky.

Pro návrh nové technologie byly provedeny výpočty, které byly důležitou součástí při návrhu střížného a ohybového nástroje. Ze získaných hodnot sil byl zvolen hydraulický lis CUPS 25 D, který má výrobce k dispozici nejen pro výrobu těsnicí lišty, ale také pro výrobu ostatních součástí pro provzdušňovací systém.

Z ekonomického hlediska bude porovnána současná výroba lišty s nově navrženou technologií. Za předpokladu, že hydraulický lis CUPS 25 D, hydraulické nůžky, ruční pákový jsou součástí dané firmy. Nejpodstatnějšími ukazateli budou mzdové náklady, náklady na energii a materiál u současné a nové výroby spolu s náklady na pořízení střížného a ohýbacího nástroje.

### 7.1 Náklady na materiál

#### Současná výroba

Pásky pro výrobu lišty jsou nástřihány z tabule plechu o rozměrech 1,2 x 1000 x 2000 mm. Cena za 1 kg tabule plechu je 73 Kč. (cena poptána u společnosti OUTOKUMPU, s.r.o.). Vystřižených pásků z tabule plechu s rozvinutou délkou 32,8 mm je 90 ks.

$$C_{\text{pkg1}} = \underline{\underline{73 \text{ Kč za 1 kg}}}$$

kde:  $C_{\text{pkg}}$  [Kč] – cena tabule plechu za 1 kg.

#### Výpočet hmotnosti plechu

$$m_{p1} = S_p \cdot t_p \cdot \rho_o \quad [\text{kg}], \quad (7.1)$$

kde:  $m_p$  [kg] – hmotnost tabule plechu,

$S_p$  [m<sup>2</sup>] – plocha tabule plechu,

$t_p$  [m] – tloušťka plechu,

$\rho_o$  [kg·m<sup>-3</sup>] – hustota materiálu.

$$m_{p1} = S_p \cdot t_p \cdot \rho = (2 \cdot 1) \cdot 0,0012 \cdot 7850 = 18,84 \rightarrow \underline{\underline{19 \text{ kg}}}$$

#### Výpočet tabulí na sérii 22 000 ks/rok

$$N_{p1} = \frac{V_s}{n_p} \quad [\text{ks}], \quad (7.2)$$

kde:  $N_p$  [ks] – počet tabulí plechu za rok,

$V_s$  [ks/rok] – výrobní série za rok,

$n_p$  [ks] – počet pásku z tabule plechu.

$$N_{p1} = \frac{V_s}{n_p} = \frac{22\,000}{90} = 244,4 \rightarrow \underline{\underline{245 \text{ ks}}}$$

#### Výpočet ceny tabule plechu

$$C_{\text{TP1}} = C_{\text{pkg}} \cdot m_p \quad [\text{Kč}], \quad (7.3)$$



kde:  $C_{TP}$  [Kč] – cena tabule plechu.

$$C_{TP1} = C_{pkg} \cdot m_p = 73 \cdot 19 = \underline{\underline{1387 \text{ Kč}}}$$

Výpočet celkové ceny tabulí plechu za rok

$$C_{CTP1} = N_{P1} \cdot C_{TP1} \text{ [Kč]}, \quad (7.4)$$

kde:  $C_{CTP}$  [Kč] – celková cena tabulí plechu.

$$C_{CTP1} = N_{P1} \cdot C_{TP1} = 245 \cdot 1387 = \underline{\underline{339815 \text{ Kč}}}$$

Výpočet ceny přístříhu 1 ks těsnící lišty

$$m_{pr1} = (t \cdot a \cdot b) \cdot \rho = (0,0012 \cdot 0,0348 \cdot 0,630) \cdot 7850 = \underline{\underline{0,195 \text{ kg}}} \quad (7.5)$$

$$C_{PR1} = m_{pr1} \cdot C_{pkg1} = 0,195 \cdot 73 = \underline{\underline{14,21 \text{ Kč}}}$$

kde:  $m_{pr1}$  [kg] – hmotnost přístříhu,

$C_{PR1}$  [Kč] – cena jednoho přístříhu.

### **Nově navržená výroba**

Pásky pro výrobu lišty jsou nastříhány z tabule plechu o rozměrech 1 x 1000 x 2000 mm. Cena za 1 kg tabule plechu je 74 Kč. (cena poptána u společnosti OUTOKUMPU, s.r.o.). Vystřížených pásků z tabule plechu s rozvinutou délkou 30 mm je 99 ks.

$$C_{pkg2} = \underline{\underline{74 \text{ Kč za 1kg}}}$$

Výpočet hmotnosti plechu

$$m_{p2} = S_p \cdot t_p \cdot \rho_o = (2 \cdot 1) \cdot 0,001 \cdot 7850 = 15,7 \rightarrow \underline{\underline{16 \text{ kg}}}$$

Výpočet tabulí na sérii 22 000 ks/rok

$$N_{P2} = \frac{V_s}{n_p} = \frac{22000}{99} = 222,2 \rightarrow \underline{\underline{223 \text{ ks}}}$$

Výpočet ceny tabule plechu

$$C_{TP2} = C_{pkg} \cdot m_p = 74 \cdot 16 = \underline{\underline{1184 \text{ Kč}}}$$

Výpočet celkové ceny tabulí plechu za rok

$$C_{CTP2} = N_{P2} \cdot C_{TP2} = 223 \cdot 1184 = \underline{\underline{264032 \text{ Kč}}}$$

Výpočet ceny přístříhu 1 ks těsnící lišty

$$m_{pr1} = (t \cdot a \cdot b) \cdot \rho = (0,001 \cdot 0,03 \cdot 0,630) \cdot 7850 = \underline{\underline{0,148 \text{ kg}}}$$

$$C_{PR1} = m_{pr1} \cdot C_{pkg1} = 0,148 \cdot 74 = \underline{\underline{10,98 \text{ Kč}}}$$

Zbytek materiálu z tabule plechu je využíván pro jiné méně rozměrnější výrobky pro provzdušňovací systém, lze tedy říci, že tabule plechu je plně využita a procento odpadu z tabule je tedy minimální.

## 7.2 Celkové náklady

### Mzdové náklady

Mzdové náklady u výrobce těsnící lišty včetně výrobní a správní režie bez elektrické energie pro výrobu, přepočtené na 1 hodinu práce ve výrobě jsou v současnosti 330,-Kč/hod = 5,50 Kč/min.

### Náklady na elektrickou energii

Hydraulické tabulové nůžky HNH 1000/4

- příkon elektromotoru hydraulických tabulových nůžek je 3,8 kW
- za 1 hodinu práce je spotřeba el. energie 3,8 kWh
- při ceně 4,71 Kč/kWh je náklad na el. energii  $3,8 \times 4,71 = 17,90$  Kč/hod = 0,30 Kč/min

Hydraulický lis CUPS 25D

- příkon elektromotoru hydraulického lisu je 6,4 kW
- za 1 hodinu práce je spotřeba el. energie 6,4 kWh
- při ceně 4,71 Kč/kWh je náklad na el. energii  $6,4 \times 4,71 = 30,14$  Kč/hod = 0,50 Kč/min

### Náklady na nové nástroje

Ceny nástrojů byly stanoveny na základě výkresové dokumentace k nástrojům, jako nabídkové ceny nástrojárny, se kterou výrobce těsnících lišt dlouhodobě spolupracuje.

Stříhací nástroj 118.000,- Kč

- předpokládaná životnost s přebušováním střížníků a střížnic 150 000 stříhacích operací
- náklad na nástroj na 1 stříhací operaci  $118.000 / 150\ 000 = 0,79$  Kč

Ohýbací nástroj 72.000,- Kč

- předpokládaná životnost 500 000 ohýbacích operací
- náklad na nástroj na 1 ohýbací operaci  $72.000 / 500\ 000 = 0,14$  Kč

### **Náklady na 1 kus těsnící lišty při současném způsobu výroby**

Operace (Kč)	T (min)	M (Kč)	E <sub>e</sub> (Kč)	N (Kč)	Celk.
Stříhání na hydr. nůžkách	0,50	2,25	0,15	0	2,40
Ruční odjehlení podélných hran	1,00	5,50	0	0	5,50
Prostřížení 5-ti otvorů Ø 5,3 na hydr. lise	0,80	4,40	0,40	0	4,80
Ostřížení 1. okraje na hydr. lise	0,60	3,30	0,30	0	3,60
Ostřížení 2. okraje na hydr. lise	0,60	3,30	0,30	0	3,60
Ruční odjehlení 2 ostřížených okrajů	0,80	4,40	0	0	4,40
1. Ohyb R2/24° na hydr. lise	0,75	4,13	0,38	0	4,51
2. Ohyb R2/24° na hydr. lise	0,75	4,13	0,38	0	4,51
3. Ohyb R2/90° na hydr. lise	0,80	4,40	0,40	0	4,80
Vyrovnaní 2 okrajů nástrojem Ø 14 na ruč. lise	0,80	4,40	0	0	4,40
Náklady bez materiálu celkem					42,52
Náklady na materiál					14,21
Náklady celkem (Kč)					56,73

kde: T [min] – doba trvání operace,  
M [Kč] – mzdový náklad v Kč (T x 5,50),  
E<sub>e</sub> [Kč] náklad na el. energii v Kč,  
(T x 0,30 pro hydraulické nůžky), (T x 0,50 pro hydraulický lis),  
N [Kč] - náklady na nové nástroje pro 1 operaci v Kč.  
(0,79 stříhací nástroj), (0,14 ohýbací nástroj)

(Všechny cenové údaje jsou uvedeny v Kč bez DPH)

Vzhledem k tomu, že současná výroba těsnících lišt se provádí na nástrojích, které již dobu své předpokládané životnosti překročily, nejsou náklady na nástroje započítány. Započítány rovněž nejsou náklady na ostření nožů hydraulických nůžek, které umožňují mnohonásobné ostření a navíc jsou využívány pro stříhání polotovarů z plechů pro řadu jiných výrobků.

#### Náklady na 1 kus těsnící lišty při nově navrženém tvaru lišty a způsobu výroby

Operace (Kč)	T (min)	M (Kč)	E <sub>e</sub> (Kč)	N (Kč)	Celk.
Stříhání na hydr. nůžkách	0,50	2,25	0,15	0	2,40
Ruční odjehlení podélných hran	1,00	5,50	0	0	5,50
Prostřížení 5-ti otvorů Ø 5,3 a současné ostřížení 2 okrajů na hydr. lise	0,90	4,95	0,45	0,79	6,19
Ruční odjehlení 2 ostřížených okrajů	0,80	4,40	0	0	4,40
Současné vytvarování 3 ohybů na hydr. lise	0,70	3,85	0,35	0,14	4,34
Vyrovnaní 2 okrajů nástrojem Ø14 na ruč.lise	0,80	4,40	0	0	4,40
Náklady bez materiálu celkem					27,23
Náklady na materiál					10,98
Náklady celkem (Kč)					<u>38,21</u>

#### - Vyhodnocení nákladů

Náklady na 1 kus těsnící lišty při současném tvaru a způsobu výroby	56,73 Kč
Náklady na 1 kus těsnící lišty při nově navrženém tvaru a způsobu výroby	38,21 Kč
<hr/>	
Úspora na 1 kuse těsnící lišty při nově navrženém tvaru a způsobu výroby	<u>18,52 Kč</u>

Při výrobě nově navrženém tvaru lišty a při použití nově navržených nástrojů, kdy jsou v jednom nástroji všechny stříhací operace prováděny při jednom pracovním zdvihu hydraulického lisu a v dalším nástroji jsou provedeny všechny podélné ohyby při jednom pracovním zdvihu hydraulického lisu, dochází spolu s úsporou na materiálu k celkové úspoře nákladů ve výši 18,52 Kč na jednom kuse lišty oproti současnému tvaru lišty a současnému způsobu výroby. Při roční produkci 22000,- ks těsnících lišt, bude roční úspora 22000 x 18,52 = 407 440,- Kč. Z výše uvedeného vyplývá, že hned v prvním roce výroby nově navrženého tvaru lišty a při použití nově navržených nástrojů bude investice do nových nástrojů v celkové výši 118.000 + 72.000 = 190.000,- Kč s přebytkem vrácena.

## 8 ZÁVĚR

Cílem práce byla optimalizace tvaru a způsobu výroby těsnicí lišty k provzdušňovacímu systému pro společnost Aseko, s.r.o. Vzhledem k návrhu nového ohýbacího nástroje mohl být nový tvar lišty přizpůsoben optimálnímu tvaru pro odklánění vertikálního proudění vody od pryžové membrány při jejím provozu. Při návrhu nového tvaru těsnicí lišty došlo ke změně úhlu ohybu poloměru R2 na okraji lišty v oblasti bez otvorů na 45°. Tím se dosáhne lepšího vyztužení volného okraje lišty. Vnitřní rameno navazující na tento ohyb bylo prodlouženo na 7 mm, okrajové rameno naopak zkráceno na 3 mm. U nového tvaru byla provedena změna tloušťky materiálu z 1,2 mm na 1 mm, to bylo možno učinit změnou výšky těsnících břitů na okraji pryžové membrány, což umožní snížit přítlak vyvozený lištou na membránu.

Lišta je vyráběná z korozi-vzdorné oceli 17 240, která vyhovuje účelům, pro které je určena a pro novou technologii zůstává tento materiál stejný. Z několika zkušebních vzorků korozi-vzdorné oceli 17 240 tloušťky 1 mm byla provedena trhací zkouška na hydraulickém zkušebním stroji ZD4.

Z několika návrhů výroby byla zvolená nejvýhodnější metoda, která bude schopná umožnit realizaci výroby nové těsnicí lišty. S ohledem na rozměry a složitost geometrie lišty byla zvolena varianta výroby, kde výchozím polotovarem je tabule plechu nastříhána na pásy požadovaných rozměrů. Na střížném nástroji na hydraulickém lise bude provedeno prostřížení otvorů za současného ostřížení tvaru na obou koncích pásu. Na jednoúčelovém ohýbacím nástroji bude provedeno současné ohnutí všech ohybů lišty v podélném směru.

V novém návrhu výroby těsnicí lišty byly provedeny varianty nástřihové plánu, z nichž nejefektivnějším polotovarem zůstává tabule plechu 1000 x 2000 mm. Ta je nastříhána na pásy požadovaných rozměrů 30 x 630 mm, na hydraulických tabulových nůžkách HNH 1000/4, které má výrobce lišty k dispozici. Z jedné tabule plechu je nastříháno 99 ks pásků a využití tabule činí 93,6 %. Dále byly provedeny výpočty zaměřeny především na výpočet tvářecích sil, kontrolní výpočty vybraných částí nástroje a určení těžiště střížných sil. Celková střížná síla pro střížný nástroj je 105 413 N a celková ohýbací síla pro ohýbací nástroj je 55 401 N. Z následných propočtů byl navržen nový střížný nástroj a ohýbací nástroj, jejichž princip a konstrukce jsou v práci popsány a doloženy výkresovou dokumentací. Těsnicí lišta bude vyráběna na hydraulickém lise CUPS 25 D s jmenovitou silou 250 kN, který má výrobce lišty k dispozici. Tento lis svou jmenovitou silou vyhovuje.

Závěrem bylo provedeno ekonomické zhodnocení, které porovnává náklady současné výroby s nově navrženou výrobou. Celková úspora nákladů na výrobu jedné těsnicí lišty novým způsobem je 18,52 Kč. Při roční produkci 22 000 ks/rok bude roční úspora 407 440 Kč. Investice do nových nástrojů byla podle nabídkových cen za nástroje, stanovena na částku 190 000 Kč. Z uvedeného vyplývá, že v prvním roce výroby nově navrženého tvaru lišty, nově navrženými nástroji, bude investice do nástrojů s přebytkem vrácena. Nově navržená těsnicí lišta a její výroba je ve srovnání s původním stavem produktivnější, časově a finančně značně úspornější.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. BAREŠ, Karel a Jindřich KLÚNA. *Lisování*. Praha: SNTL, 1971, 544 s.
2. BÍLIK, Jozef, Anton UHLÍK a Maria KAPUSTOVÁ. *Technológia Tvárnenia: Návod do cvičenia*. Bratislava: STU, 2004, 171 s. ISBN 80-227-2099-2.
3. BOBČÍK, Ladislav. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. Praha: SNTL, 1983, 213 s.
4. DILLINGER, Josef. *Moderní strojírenství: pro školu a praxi*. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86706-19-1.
5. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 238 s. ISBN 80-214-2683-7.
6. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: Plošné a objemové tváření*. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
7. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
8. HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. *Strojírenská technologie 2 - 1.díl: Polotovary a jejich technologičnost*. 2. vyd. Praha: Scientia, spol. s.r.o., 2001. ISBN 80-7183-244-8.
9. HŠV stroje, a.s. *Univerzální hydraulické stolní lisy CUPS* [online]. 2011 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.hsvpolicka.cz/univerzalni-hydraulicke-stolni-lisy-cups-xx-deu.aspx>.
10. INOX spol. s.r.o. *Nerezový hutní materiál* [online]. 2009 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://inoxspol.cz/informace-o-spolecnosti-inox-rubrika.html>.
11. KOPECKÝ, Miroslav a Bedřich RUDOLF. *Tvářecí stroje: Mechanické a hydraulické lis*. Praha: ČVUT Praha, 1967, 328 s.
12. KOTOUČ, Jiří. *Nástroje pro tváření za studena*. Praha: ČVUT Praha, 1978. ISBN 60-964-78.
13. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: SNTL, 1983, 213 s.
14. NOVOTNÝ, Karel. *Nástroje a přípravky: část 1 - tváření*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1985, 179 s.

15. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. Brno: VUT Brno, 1992, 186 s.
16. NOVOTNÝ, Karel. *Výrobní stroje a zařízení: Tvářecí stroje* [online]. Brno: VUT v Brně, 2002 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/VyrobnniStrojeAZarizeni.pdf>.
17. PETRUŽELKA, Jiří a Richard BŘEZINA. *Úvod do tváření II* [online]. 2001 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: [http://www.345.vsb.cz/jiripetruselka/Texty/Uvod\\_TV2.pdf](http://www.345.vsb.cz/jiripetruselka/Texty/Uvod_TV2.pdf).
18. PROTON s.r.o. *Obchod s hutním materiálem* [online]. 2004 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.pronton.cz/nerez.html>.
19. TATÍČEK, František, Martin KUBELKA a Tomáš PILVOUSEK. Technologičnost konstrukce v návrhu výstřížku. [online]. 2011 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-technologicnost-konstrukce-v-navrhu-vystrizku.html>.
20. TATÍČEK, František a Tomáš PILVOUSEK. Stříhání. *Akademie tváření* [online]. 2010 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-strihani.html>.
21. TERAPOL. *Nerez ocel* [online]. 2002 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.terapol.cz/tabulkajakosti.php>.

# SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	tažnost	[%]
A <sub>o</sub>	ohybová práce	[J]
A <sub>s</sub>	střížná práce	[J]
a	délka pásku	[mm]
b	šířka pásku	[mm]
C <sub>Pkg1</sub>	cena tabule plechu	[Kč]
C <sub>PR1</sub>	Cena přístříhu	[Kč]
C <sub>TP</sub>	cena tabule plechu	[Kč]
c	koeficient závislý na druhu stříhaného materiálu	[-]
c <sub>1</sub>	součinitel stírání	[-]
D <sub>tp</sub>	délka tabule plechu	[mm]
d	průměr střížníku	[mm]
E	modul pružnosti v tahu	[MPa]
E <sub>n</sub>	náklady na el. energii	[Kč]
F <sub>PK</sub>	síla pružiny kruhového střížníku	[N]
F <sub>PT</sub>	síla pružiny tvarového střížníku	[N]
F <sub>s</sub>	střížná síla	[N]
F <sub>ST</sub>	stírací síla	[N]
F <sub>u</sub>	síla při ohýbání do tvaru U	[N]
F <sub>v</sub>	síla při ohýbání do tvaru V	[N]
h	dráha ohybníku	[mm]
I	moment setrvačnosti v průřezu	[mm <sup>4</sup> ]
k	součinitel určující polohu neutrální plochy v závislosti na R	[-]
l	délka stříhu	[mm]
l <sub>i</sub>	délka ramene	[mm]
l <sub>kri</sub>	kritická délka	[mm]
l <sub>n</sub>	délka polotovaru	[mm]
l <sub>v</sub> , l <sub>u</sub>	vzdálenost mezi opěrami ohybnice	[mm]
M	mzdový náklad	[Kč]
m	střížná mezera	[mm]
m <sub>p</sub>	hmotnost tabule plechu	[kg]
m <sub>pr1</sub>	hmotnost přístříhu	[kg]
N	náklady na nové nástroje	[Kč]
N <sub>p</sub>	počet tabulí plechu za rok	[ks]
n	součinitel otupení	[-]
n <sub>p</sub>	celkový počet pásku z tabule plechu	[ks]
R <sub>e</sub>	mez kluzu ohýbaného plechu	[MPa]
R <sub>m</sub>	mez pevnosti v tahu	[MPa]
R <sub>max</sub>	maximální poloměr ohybu	[mm]
R <sub>min</sub>	minimální poloměr ohybu	[mm]
R <sub>o</sub>	poloměr ohybu	[mm]
S	plocha stříhu	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>p</sub>	plocha tabule plechu	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>p1</sub>	plocha pásku	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>tp</sub>	plocha tabule plechu	[mm <sup>2</sup> ]
s	tloušťka materiálu	[mm]



$\check{S}_p$	šířka tabule plechu	[mm]
T	doba trvání operace	[min]
t	tloušťka materiálu	[mm]
$t_p$	tloušťka plechu	[mm]
$V_s$	výrobní série za rok	[ks/rok]
v	střižná vůle	[mm]
$X_T$	vzdálenost výslednice sil od osy Y	[mm]
x	součinitel polohy neutrální plochy	[-]
$Y_T$	vzdálenost výslednice sil od osy X	[mm]
z	střižná mezera	[mm]

$\alpha$	úhel ohybu	[°]
$\beta$	úhel odpružení	[°]
$\varepsilon_{\text{tmax}}$	poměrné prodloužení	[mm]
$\eta$	využití materiálu	[%]
$\lambda$	součinitel plnosti	[-]
$\mu$	součinitel tření	[-]
$\rho$	Poloměr neutrální plochy	[mm]
$\rho_o$	hustota materiálu	[kg·m <sup>-3</sup> ]
$\sigma_{\text{DOV}}$	dovolené namáhání	[MPa]
$\sigma_{\text{TL}}$	Namáhání v talku	[MPa]
$\tau_s$	střižný odpor	[MPa]
$\varphi$	úhel ohybu	[°]
$\psi$	součinitel plnosti diagramu	[-]

## SEZNAM PŘÍLOH

### PŘÍLOHA č. 1 – Hydraulický zkušební stroj ZD4 /400kN/.

Výrobce: HBM/SRN/

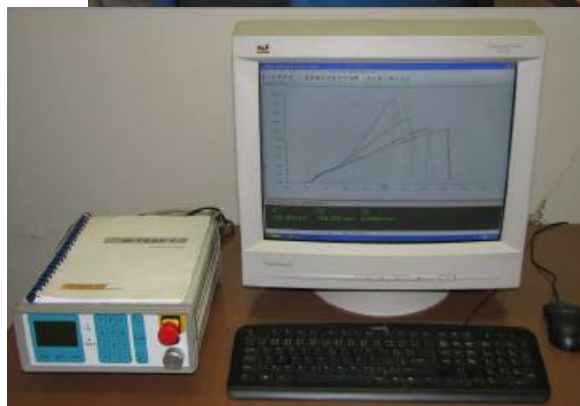
Stroj umožňuje provádět tahové, tlakové a ohybové zkoušky materiálů do 400 kN s řízením rychlosti zatěžování a programovým zpracováním zkoušek. Je vybaven vestavěným inkrementálním délkovým snímačem polohy příčnicku s rozlišením 0,01 mm a snímačem síly s řídicí jednotkou EDC 60.

Řídicí jednotka EDC 60 je vysoce precizní elektronické zařízení speciálně konstruované pro řízení servo-hydraulických zkušebních strojů. Je vyráběna speciálně pro aplikace řízení zkušebních strojů a využívají ji přední evropští výrobci univerzálních zkušebních strojů. Jednotka je opatřena programem pro zkoušky kovů s možností provádět zkoušku bez PC u jednoduchých aplikací bez použití průtahoměru.

#### Technické údaje:

- Měřicí rozsah:  $8 \div 400$  kN
- Chyba měření síly:  $1/100$  jmenovitého rozsahu síly, tj.  $\pm 1\%$  odpovídá třídě přednosti 1
- Měřicí rozsah měření dráhy:  $0 \div 280$  mm
- Chyba měření dráhy:  $\pm 0,01$  mm
- sériové rozhraní RS 232 pro komunikaci s nadřazeným PC COM1 pro PC s FIFO s maximální rychlostí 115 kB
- inkrementální vstup pro napojení snímače dráhy

Počítač je vybaven programem M-TEST v.1.7 pro tahovou, tlakovou a ohybovou zkoušku kovových materiálů dle EN 10001-2 s vyhodnocením výsledků, grafickým zpracováním.



Řídicí jednotka EDC 60

**PŘÍLOHA č. 2 – Hydraulické tabulové nůžky HNH 1000/4/ v.č. 042/00**

**Výrobce: neria a.s.**



Hydraulické tabulové nůžky HNH 1000/4

Technické údaje:

HNH 1000/4		
Max. střižná tl. Plechu	mm	4
Max. délka stříhu	mm	1030
Počet zdvihů	min <sup>-1</sup>	32-65
Úhel stříhu	°	0,5-2
Výkon el. motoru	kW	3
Počet otáček el. motoru	min <sup>-1</sup>	1440
Pracovní přetlak	MPa	16
Hmotnost stroje	kg	1000
Celková výška	mm	1350
Celková šířka	mm	1500
Celková hloubka	mm	1600
Pracovní výška stolu	mm	800
Obsah olejové náplně	l	60
Výkon el. Mot. Zadní doraz	kW	0,37

## PŘÍLOHA č. 3 – Ruční pákový lis LPR 320

Výrobce: Semet s.r.o.

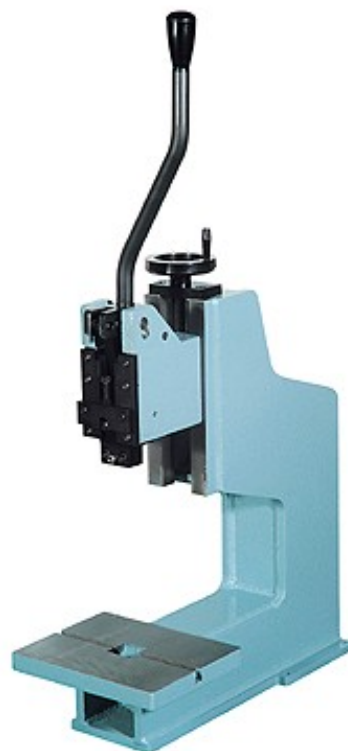
### RUČNÍ PÁKOVÝ LIS LPR 320

#### UŽITÍ VÝROBKU:

Lis je určen k děrování, ohýbání a pro montážní práce v kusové výrobě.

#### POPIS :

Základním dílem lisu je svařený stojan s upevňovacími otvory. Na stojanu je umístěna konzola, kterou lze pomocí šroubu nastavit pracovní polohu beranu. Ovládání lisu se provádí pákou přes kloubový mechanismus, který zvyšuje lisovací sílu. Rameno kloubového mechanismu je možné nastavit do dvou poloh dle požadované lisovací síly a zdvihu beranu. Nástroje jsou k lisu dodávány po konzultaci, na základě samostatné objednávky.



#### TECHNICKÉ ÚDAJE :

		lis.	síla rameno	zdvih
Jmenovitá lisovací síla		6 kN	36 mm	45 mm
podle nastavení ramene		12 kN	18 mm	19 mm
Pracovní hloubka		300 mm		
Pracovní výška		220 mm		
Upínací otvor v beranu		Ø 14 H7		
Upínací plocha stolu		250 x 200 mm		
Průchozí otvor stolu		40 x 40 mm		
Rozměry stroje	délka	545 mm		
	šířka	250 mm		
	výška	950 mm		
Hmotnost stroje		52 kg		

**PŘÍLOHA č. 4 - Závislost součinitele ( $\alpha$ ) na poměrném poloměru ohybu  $R_0/s$ .**

**Literatura:** Technologie tváření, *plošné a objemové tváření*

Dvořák, Gajdoš, Novotný

$R_0/s$	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	8,00	10,00	15,00	20,00
$\alpha$	0,32	0,35	0,38	0,42	0,445	0,47	0,475	0,478	0,48	0,483	0,486	0,492	0,498

## VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

<u>Název výkresu</u>	<u>Číslo výkresu</u>
Nová těsnící lišta	FSI-UST-VV-C1
Původní těsnící lišta	FSI-UST-VV-C2
Ohýbací nástroj (sestava)	FSI-UST-S-ON-1
Ohýbací nástroj (kusovník)	FSI-UST-K-ON-1
Ohybnice	FSI-UST-VV-ON-2
Ohybník	FSI-UST-VV-ON-3
Střížný nástroj (sestava)	FSI-UST-S-SN-1
Střížný nástroj (kusovník)	FSI-UST-K-SN-1
Střížnice L+P	FSI-UST-VV-SN-2
Střížník L+P	FSI-UST-VV-SN-3
Střížnice ø 5,3	FSI-UST-VV-SN-4
Střížník ø 5,3	FSI-UST-VV-SN-5